

EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Jüri Demenok**

**KARTULI KASVATAMISE TASUVUS SÕLTUVALT  
VILJELUSVIISIST**

**POTATO GROWING PROFITABILITY DEPENDING ON  
CULTIVATION PRACTICES**

Magistritöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendaja: PhD Vyacheslav Eremeev

Tartu 2017

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Jüri Demenok		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Kartuli kasvatamise tasuvus sõltuvalt viljelusviisist			
Lehekülgi: 54	Jooniseid: 10	Tabeleid: 2	Lisasid: 3
Osakond: Taimekasvatus ja rohumaa viljelus			
Uurimisvaldkond: B390, Taimekasvatus			
Juhendaja(d): PhD Vyacheslav Eremeev			
Kaitsmiskoht ja aasta: Eesti Maaülikool 2017			
<p>Uurimustöö eesmärgiks oli uurida kartuli kaubanduslikku saaki mahe- ja tavaviljelussüsteemides ning selgitada, milline on majanduslikult kõige tasuvam viljelusviis. Katse korraldati Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi katsepõllul Eerikal 2014, 2015 ja 2016. aastal, et uurida kuidas külvikord mõjutab erinevaid põllukultuure. Kartul oli üks külvikorra kultuuridest, kus üksteisele järgnesid kartul, oder (<i>Hordeum vulgare</i> L.) punase ristiku allakülviga, punane ristik (<i>Trifolium pratense</i> L.), talinisu (<i>Triticum aestivum</i> L.) ja hernes (<i>Pisum sativum</i> L.). Katses kasvatati kartulisorti 'Maret'. Maheviljeluses kasutati kolme erinevat viljelussüsteemi: 1) Mahe 0- kontrollsüsteem ilma vahekultuurita ja sõnnikuta, 2) Mahe VK- kasvatati talviseid vahekultuure 3) Mahe VK+S- kasvatati talviseid vahekultuure ja kevadel lisati veisesõnnikut 20 t/ha. Tavaviljelussüsteemis oli neli erinevat süsteemi olenevalt lämmastiku kogustest: 1) N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> (N<sub>0</sub>), 2) N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub> (N<sub>50</sub>), 3) N<sub>100</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub> (N<sub>100</sub>) ja 4) N<sub>150</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub> (N<sub>150</sub>).</p> <p>Uurimustöö käigus selgus, et suurima kaubandusliku saagi 2014-2016 aasta keskmisena andis tavaviljeluse süsteem N<sub>150</sub>, kus kasutati kõige suuremaid väetise koguseid. Antud süsteemi kaubanduslik saak oli 43,5 t/ha. Samuti osutus majanduslikult kõige tasuvamaks 2014-2016 aasta põhjal tavaviljelussüsteem N<sub>150</sub>, kus teeniti kõige suuremat kasumit 6783 €/ha koos toetustega. Töös selgus, et tavaviljeluses on suuremad saagid ja kasumid. Kõik maheviljeluse süsteemid suudavad majandada kasumlikult mitmeid aastaid, kuid nende konkurentsivõimelisus võrrelduna tavaviljelusega on halb kuna saagikused on madalamad.</p>			
Märksõnad: kartul, tavaviljelus, maheviljelus, mineraalväetised			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Jüri Demenok		Specialty: Production and marketing of agricultural products	
Title: Potato growing profitability depending on cultivation practices			
Pages: 54	Figures: 10	Tables: 2	Appendixes: 3
Department: Field crops and grassland husbandry Field of research: B390, Field crop growing Supervisors: Phd Vyacheslav Eremeev Place and date: Estonian University of Life Sciences			
<p>The aim of this Master's thesis was to study potato yields in organic and conventional farming systems and find out, which is economically most profitable. The study was held in 2014, 2015 and 2016 on the experimental field of the Institute of Agricultural and Environmental Sciences of the Estonian University of Life Sciences to find out how crop rotation affects different crops. Potato was one of the crops grown in the experiment in potato, barley undersown with red clover, red clover, winter wheat and pea were grown after each other. The potato variety used in this study is 'Maret'. The study involved three organic- and four conventional farming systems each in four duplication. Three different systems were used in the organic farming: 1) Mahe 0- without winter catch crop and manure, 2) Mahe VK- with winter catch crop and without manure and 3) Mahe VK+S- with winter catch crop and manure 20 t/ha added in spring. Conventional farming had four different systems depending on the nitrogen content: 1)N0P0K0 (N0), 2) N50P25K95 (N50), 3) N100P25K95 (N100) and 4) N150P25K95 (N150).</p> <p>The research revealed that the biggest commercial yield in the average of 2014-2016 was in conventional farming system N150, where biggest amounts of nitrogen were used. Commercial yield of this system was 43,5 t/ha. Also it had the biggest profit of 6783 €/ha, including subsidies. The research results demonstrated that in organic farming it is also possible to manage profitably many years but their competitiveness compared to conventional farming is lower because of smaller yields.</p>			
Keywords: potato, conventional farming, organic farming, mineral fertilizers			

## SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	8
1.1 Kartuli kasvu mõjutavad tegurid.....	8
1.1.1 Toitainete mõju kartuli kasvunäitajatele .....	8
1.1.2 Tavaviljeluse mõju kartuli kasvunäitajatele .....	9
1.1.3 Maheviljeluse mõju kartuli kasvunäitajatele .....	11
1.1.4 Külvikorra mõju kartuli kasvunäitajatele .....	13
1.1.5 Vahekultuuride mõju kartuli kasvunäitajatele.....	14
1.4. Agrotehnoloogia .....	17
1.4.1 Mullaharimine .....	17
1.4.2 Kasvuaegne hooldus.....	17
1.4.3 Koristamine .....	18
1.5 Ilmastiku mõju kartulile.....	19
1.5.1 Temperatuur.....	19
1.5.2 Niiskus .....	20
1.5.3 Valgus.....	20
2. METOODIKA .....	22
2.1 Katse kirjeldus .....	22
2.2 Kartuli mahapanek ja koristus .....	23
2.3 Ilmastik .....	24
2.4 Mõõtmised, analüüsid ja kalkulatsioonid .....	24
3. TULEMUSED JA ARUTELU .....	26
3.1 Kaubanduslik mugulasaak .....	26
3.2 Kulud .....	28
3.3 Tulud.....	30
3.4 Kasum .....	33
KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED .....	37
KASUTATUD KIRJANDUS .....	39

Summary.....	46
LISAD .....	48
Lisa 1. Kulud hektarile 2014. aastal .....	48
Lisa 2. Kulud hektarile 2015. aastal .....	50
Lisa 3. Kulud hektarile 2016. aastal .....	52

## SISSEJUHATUS

Kartul (*Solanum Tuberosum L.*) on katteseemnetaimede (*Angiospermae L.*) hõimkonnast, kaheiduleheliste (*Dicotyledoneae L.*) klassist. Kuulub mailaselaadsete (*Serophulariales*) seltsi, maavitsaliste (*Solanaceae L.*) sugukonda ja maavitsa (*Solanum L.*) perekonda (Bradshaw, Mackay 1994).

Kartul on maailmas üks tähtsamaid põllukultuure asetsedes kolmandal kohal maailmas inimeste toidu kultuurina. Aastatel 1997-2007 suurenes kartuli kogutoodang maailmas 21%, mistõttu on kartuli osatähtsus maailmas kasvatatavate kultuuride seas järjest suurenev. Ligikaudu 50% kogu toodetud kartulist tarbitakse värskena. Ülejäänud osa kasutatakse toiduainetööstuses, külmtoodetena, looma söödana ning seemnemugulana. Kartuli hind tõuseb märgatavalt kui ta on ümbertöödeldud friikartuliks, krõpsudeks ja teisteks taolisteks toodeteks (Birch et al. 2012).

Eestis on kartuli kasvupind viimase kümne aasta jooksul Statistikaameti andmete põhjal vähenenud 50%. 2016. aastal oli kartuli kasvupind Eestis alla 6000 hektari. Samal ajal on kartuli kogusaak vähenenud kõigest 24%, mis näitab et keskmine saagikus kartuli kasvatamisel on tõusnud (Eesti statistika andmebaas 2017).

Üle maailma kasvatatakse kartulit umbes 19 miljonil hektaril ning saagikus on keskmiselt 17 tonni hektarilt. Kasvupinda suurendab nõudlus kartuli ja kartuli toodete järgi. Kaubandus on arenenud eelkõige arenenud riikides, Euroopa on kõige suurem ning ühtlasi ka kõige suurem importija. Kartuli importi piiravad ka riikide seadused, et kaitsta kohalikke kasvatajaid (Birch et al. 2012).

Tarbijate nõudlus tervislikuma toidu järgi ja valitsuste poliitika jätkusuutliku põllumajandussüsteemide tekkele on aidanud kaasa maheviljelussüsteemide levikule (Järvan, Edesi 2009). Paljud väike talunikud lähevad üle maheviljelusele kuna maheviljeluses toodetud kultuurid omavad turul kõrgemat hinda, võrreldes tavaviljelusega (Katundu et al. 2010). Teadlased pole jõudnud kindlatele otsustele kumb viljelusviisidest (mahe või tava) on kartuli kvaliteedile parem, kuid osad teadlased väidavad, et nitraatide sisaldus on väiksem ning toitainete sisaldus on suurem maheviljeluses kasvatatud

kultuuridel (Maggio et al. 2008). Vaatamata nendele väidetele pole kindalt tõestatud, et mahekartul on inimesele tervislikum kui tavakartul (Kessen 2003). Lisaks on mitmed eelnevad katsed tõestanud, et maheviljeluses kasvatatud kartulite saagid on väiksemad kui tavaviljeluses kasvatatud kartulitel (Varis et al. 1996; Järvan, Edesi 2009), kuid enamasti on katsetes uuritud viljelusviisid äärmiselt äärmuslikud ning sageli pole mahe- ja tavaviljeluse katsed oma ülesehituselt võrreldavad, mistõttu on ka saagivarieeruvused väga suured. Kuna kartulikasvatuse peamine eesmärk on saada tulu, siis sellest lähtuvalt on vaja uurida, kuidas erinevad viljelussüsteemid mõjutavad kartuli saagitulemusi, mis omakorda mõjutab ettevõtte majanduslikku seisu.

Antud magistritöö on edasiarendus autori bakalaureusetööst: Kartuli saagikus ja kasvatamise tasuvus sõltuvalt viljelusviisist (Demenok 2015).

Magistritöö hüpoteesid: 1) Tavaviljeluse süsteemis kasvatatud kartuli kaubanduslik saagikus on suurem ning seetõttu on ka suurem müügist saadav tulu 2) Maheviljelussüsteem ei ole konkurentsivõimeline ilma toetusteta võrreldes tavaviljelussüsteemiga

Magistritöö eesmärgid: 1) Selgitada välja millises viljelussüsteemis on suurim kaubanduslik saak ning suurim kasum 2) Selgitada välja kas mahetootmine on tasuv ilma makstavate mahetoetusteta

Sooviksin tänada oma juhendajat PhD Vyacheslav Ereemeevit töö koostamisel osutatud abi eest ja PhD Berit Teini heade nõuannete eest.

# **1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE**

## **1.1 Kartuli kasvu mõjutavad tegurid**

### **1.1.1 Toitainete mõju kartuli kasvunäitajatele**

Kartul on nõudlik toitainete suhtes ja vajab seepärast palju mineraalaineid. Nende seas on makroelemendid (N, P, K, Mg, Ca ja S) ja mikroelemendid (Cl, Mn, Fe, B, Zn, Mo, Cu ja Ni). Kartul saab kätte need elemendid läbi juurestiku mullast (White 2007).

Taime kasvuks on lämmastik üks tähtsamaid toitaineid, kuid ka üks keerulisemaid taimele kättesaadavaid. Maheviljeluses on lämmastikuga majandamine eriti raske (Van Delden 2001). Lämmastiku sisadus mullas määrab ära mulla viljakuse, kuid lämmastik pole alati taime poolt omastatav. Lämmastiku vabanemine toimub tavaliselt orgaanilise aine lagunemise tagajärjel (Sincik et al. 2008). Enamus N mullas on seotud mulla stabiilsete orgaaniliste osadega ja ei ole taimele kättesaadav. Lämmastiku kättesaadavust pole kerge võrdsustada taime vajadusega (Pang, Letey 2000). Mulla orgaanilise aine ja nitraatide sisaldus määrab ära lämmastikväetiste kasutamise koguse. Lämmastik mõjutab kartuli arengut kõigis tema kasvu staadiumites. Peamine tema mõju on lehe arengus. Ta suurendab lehepinna indeksi taset ja suhtelist kasvu (Perumal, Sahota 1986). Lämmastiku kasutamine aitab kiirendada lehtede kasvamist ning samuti aeglustab lehtede vananemist (Santeliz, Ewing 1981). Lämmastik avaldab olulist mõju mugula kasvu alustamisel ja selle massi moodustumisel. Kõrge lämmastiku sisaldus kartuli kasvu alguses aeglustab mugulate moodustumist. Sellepärast peab lämmastikuga väetamine olema õieti ajastatud lehtede moodustumisega ning mitte aeglustama mugulate kasvu (Biemond, Vos 1992). Tavaliselt antakse kartulile lämmastiku mahapaneku ajal kuna see kiirendab lehestiku arengut ja samal ajal ei pidurda mugulate moodustumist. Edasine lämmastiku andmine on vajalik, et pidurdada taime vananemist mugulate massi moodustumise ajal. Antava lämmastiku kogus ja nende andmise aeg sõltub mahapaneku kohast ja kartuli kasvuaja pikkusest (Govindakrishnan, Haverkort 2006). Kartuli mugulate uuringud näitavad, et lämmastiku



panemine natuke üle optimumi annab maksimaalse saagikuse (Munoz et al. 2005). Kuid lämmastikuga ei tohi liialdada kuna see vähendab mugulate erikaalu. Kartuli kasvatamise suured lämmastiku kogused teevad muret keskkonna ohutusele kuna paljud kasutamatta toitained uhutakse minema põhjavette (Millburn et al. 1990).

Kartul kasutab oma kasvus rohkesti fosforit ja kaaliumi. Nende kasutamine suurendab juurestikku ning kartuli taime pikkuse kasvu (Govindakrishnan, Haverkort 2006). Nii fosfor kui kaalium mõjutavad taime lehe kasvu, kuid erinevatel viisidel. Fosfor mõjutab lehe kasvu kogu kasvuaja vältel, samas kaalium mõjutab ainult kasvuaja lõpus (Reddy et al. 1986). Saagikus on otseselt mõjutatud fosforist ja kaaliumist kuna nad mõjutavad mugulate arvu ja suurust (Govindakrishnan, Haverkort 2006). Fosfor vähendab suurte ja keskmiste mugulate arvu samas suurendab väikeste mugulate arvu. Kaalium omakorda suurendab suurte ja keskmiste mugulate arvu ning vähendab väikeste mugulate arvu. Kaalium omab mõju ka kartuli vastupanuvõimel stressile ja mugulate kvaliteedil. Koore kinnistumine on parem kõrgema kaaliumi sisaldusega mugulates. Kaalium aitab parandada vee ärakasutamisevõimet taimel, eriti kui on põua periood mugulate moodustumise ajal (Grewal, Trehan 1993).

Kui kartul on varustatud piisavas koguses toitainetega ja kaitstud haiguste ning kahjurite eest siis saagikust piiravaks faktoriks on keskkond. Maksimum saagikus, mida on võimalik saavutada antud keskkonna tingimustes nimetatakse potentsiaalseks saagikuseks. Potentsiaalse saagikuse ja olemasoleva saagikuse vahe iseloomustab lünka, mida on võimalik täita õigete agrotehniliste võtetega (Grewal, Trehan 1993).

### **1.1.2 Tavaviljeluse mõju kartuli kasvunäitajatele**

Mulla orgaanilised ja anorgaanilised väetised on olulised jätkusuutlikuks põllumajanduseks, sest nad mõjutavad mulla omadusi ja pikaajalist mulla viljakusele (Saha et al. 2008). Mineraalelementide kontsentratsioon taime kudedes peab olema optimaalne, et vältida nende ülekülluse poolt tekitatud mürgilisust. Samas mõne mineraalelemendi puudus võib kaasa tuua taime kasvu pidurdumise, saagi kao ja saagi kvaliteedi languse. Muld ei suuda tihti tagada kõikide elementide vajadusi, et tagada kõrget saagikust lisatakse

mulda väetisi (White 2007). Väetise koguse andmine oleneb mulla tüübist, mulla viljakusest, ilmastiku tingimustest, väetamise ajastamisest, taime kasvu faasist ning väetise keemilisest struktuurist (Dampney et al. 2002). Kartuli väetamine on vajalik kartuli kõrgema saagikuse saamiseks, kuid peab meeles pidama, et kartulit ei tohi üleväetada kuna see põhjustab saagi kadu ning keskkonna reostumist (White 2007). Kartul kasutab esimesel aastal ära kuni 70% antavast lämmastikust ja kuni 10% antavast fosfori kogusest (Dampney et al. 2002.) Kartuliga eemaldatakse põllult ligikaudu 2.28-3.57 kg N, 0.04-0.12 kg P ja 3.7-5.41 kg K iga tonni kohta (Gunsena 1968). Mulla lämmastiku sisaldus ja vajadus oleneb mitmetest faktoritest nagu eelkultuurist, ilmastiku tingimustest taime kasvu ajal ja mullaharimisest. Kartuli väetise valimine on raske kuna väetiste valik on suur (Sharifi et al. 2008).

Kartulile antakse tavaliselt väetisi mahapaneku ajal või eel, kuid tihti kasutatakse ka kasvuaegset lehe kaudu väetamist. Üldiselt antakse leheväetistega mikroelemente, kuid on levimas ka makroelementide andmine lehe kaudu (Karp, Põldma 2004). See võimaldab taimedel lihtsamini omastada toitaineid ja säilitada toitainete tasakaalu kogu kasvuperioodi vältel. Lehtede pritsimise efektiivsus sõltub mitmetest teguritest nagu toiteelementide puuduse astmest, kasvufaasist, keskkonnatingimustest, taimeliiginõudlusest jm (Schönerr 2004). Pritsimise vajalikkuse üle otsustamisel peab tegema mullaanalüüsid ning uurima kas mullas on mingite toiteelementide puudus. Kui mullas on mõne elemendi tugev puudus siis võib lehe kaudu väetamisel saak mitmekordistuda, kuid kui puudus on väike siis on saagitõus mittemärgatav (Finck 1991). Oluline on ka pritsimise õigeaegne ajastamine. Seemnekartuli esimene pritsimine peaks langema õiepungade moodustumise alguse faasi ning tarbekartuli pritsimine võib toimuda nädal kuni kaks hiljem (Särekanno et al. 2008).

Lehemädanik (*Phytophthora infestans*) on üks tuntuimaid kartuli haigusi, mis kahjustab nii lehestikku kui ka mugulaid. Lehemädanik võib hävitada kogu kartuli saagi (Tsedaley 2014). Ligikaudsed kulud keemilistele tõrjevahenditele ja saagiga seotud kaod, ületavad iga aasta 6.7 miljonit eurot (Haverkort et al. 2009). Lehemädaniku sümptomid taimel on väiksed laigud heledast kuni tume pruunini. Tavaliselt tekivad nad alguses alumistele lehtedele kuna seal on kõrgem õhuniiskuse sisaldus (Martin et al. 1994). Haiguse põhjustab seen patogeen (*Phytophthora infestans*). Lehemädanik areneb temperatuuridel 13-21°C. Kerge vihm, udu ja kõrge suhteline õhuniiskuse on ideaalsed tingimused lehemädaniku arenguks (Kirk et al. 2013). Temperatuurid üle 30 °C aeglustavad või peatavad seene

kasvu, kuid ei tapa teda. Seen hakkab edasi arenema kui temperatuur on soodne ning suhteline õhuniiskus on kõrge (Agrios 2005). Mitmetes maailma osades on fungitsiidide kasutamine ainuke viis lehemädaniku vastu võitlemiseks. Fungitsiide võib kasutada iga 4 päeva tagant kui kliima tingimused on haigust soosivad (Birch et al. 2012).

### **1.1.3 Maheviljeluse mõju kartuli kasvunäitajatele**

Maheviljelus on alternatiiv tavaviljelusele kuna aitab paremini säilitada keskkonda ja mulda. Maheviljeluses ei kasutata sünteetilisi väetisi ja pestitsiide. Mahe- ja tavaviljeluses on olemas mulla viljakus orgaaniliste väetiste kasutamisest, selletõttu kasutatakse haljasväetiskultuure. Orgaanilise aine mulda viimisel paraneb muldade huumusseisund, sellest tulenevalt ka struktuursus, füüsikalised ja hüdrofüüsikalised omadused. Positiivset mõju omab ka orgaaniline aine mulla elustikule ja bioloogilisele aktiivsusele (Talgre et al. 2009). Nitraatide leostumine mulda on väiksem maheviljeluses võrreldes tavaviljelusega kuna maheviljeluses on raskem toitained anda. Tavaliselt toob see kaasa ka väiksema saagi. Saagikuse vähenemine tähendab, et vajatakse rohkem maad sama koguse tootmiseks (Kirchmann, Bergstrom 2001). Mahekartuli kasvatuses peab olema hästi planeeritud külvikord. Külvikorras peaks vähemalt 25% või enam olema liblikõielisi kultuure ja samuti tuleks anda orgaanilisi väetisi nagu sõnnik ja kompost (Finckh et al. 2006). Liblikõielisi kasvatatakse haljaväetisena kuna nad seovad õhust N ja viivad suure osa N mulda (Sincik et al. 2008), mida saavad kasutada ka teised külvikorra kultuurid. Mahekartulina kasvatatud mugulates on suurem fosfori, magneesiumi ja naatriumi sisaldus. Ka kaaliumi sisaldus mugulates ja lehtedes on mahe kartulil suurem. (Warman, Havard 1998).

Mahekartuli kasvatajatel on kaks peamist probleemi haigused ja toitained. Mõlemad on seadusega reguleeritud, mis keelab kasutada keemilisi väetisi ja pestitsiide. Lehemädanik on mahekasvatuses peamiseks haiguseks, mis võib oluliselt saagikust vähendada (Finckh et al. 2006). Lehemädaniku vastu aitab võidelda seemne mugulate eelidandamine eriti lämmastikurohketel põldudel. Eelidandamisega võib tõsta saagikust 15-20% (Möller, Reents 2007). Mahekartuli kasvatamisel on suureks probleemiks umbrohud. Nende tõrjumisele aitab kaasa hästi planeeritud külvikord, vahekultuuride kasvatamine, vao õige

laius ja õigesti valitud külviaeg. Õigel ajal tehtud madal kultiveerimine või leegitamine aitavad hästi võidelda umbrohtumise vastu. Peale kartuli tärkamist eemaldatakse umbrohtusid äestamisega. Kui umbrohi on hävitatud kasvu alguses siis edasi suudab kartul umbrohu alla suruda (Boydston 2010).

Orgaaniliste väetiste kasutamise eeliseks on mulla orgaanilise aine sisalduse tõstmine ja mulla omaduste parandamine kultuuri kasvuks (Saha et al. 2008). Teiste eeliste hulka kuulub ka mulla vee mahutamisevõime suurenemine, mulla struktuuri paranemine juure kasvuks, kiirendab toitainete ringlust ja elustab mulla bioloogilist aktiivsust (García-Gil et al. 2000). Need muutused mullas tõstavad mulla kvaliteeti ja jätkusuutliku põllumajadussüsteemi kasutust (Gupta et al. 1994). Mulla orgaanilisel ainel on tähtis ülesanne liiv muldadel kuna ta suudab suurendada veemahutamisevõimet ja aitab sellega säilitada taimedele vajalikku vett (Tester 1990). Oluline mulla omadus on mulla viljakus, mis määrab ära mulla võime jätkusuutlikule kasvatamisele (Stockdale et al. 2002). Mulla orgaaniline aine ja bioloogilised protsessid mõjutavad mulla struktuuri, toitainete sisaldust ja mullale omast viljakust (Bakken et al. 2006). Mikroorganismide lämmastiku sidumisevõimet ja orgaanilise aine lagunemist mõjutab mulla temperatuur ja niiskus (Andersen, Jensen 2001). Mulla kultiveerimine mõjutab mulla füüsilisi omadusi muutes mulla struktuuri ja soodustab orgaanilise aine kadu. Neid negatiivseid mullaharimise tagajärgi saab vähendada lisades mulda palju taimejäänuseid (Karlen et al. 1994).

Looma sõnnik ja orgaaniline kompost on tähtsal kohal kartuli toitainete tarve katmisel jätkusuutlikus tootmises (Stark, Porter 2005). Sõnnikuga viiakse mulda mikro- ja makroelemente ning parandatakse mulla füüsikalisi ja keemilisi omadusi (Tirol-Padre et al. 2007). Sõnniku kasutamine vähendab mulla erosiooni, parandab mulla soojenemise võimet, vähendab toitainete leostumist, suurendab saagikust ning vee filtratsiooni võimet (Freeze et al. 1993). Pratti tehtud (1982) katse näitab, et sõnnikuga taimede lämmastiku vajaduse katmine, viib mulda ka piisavad kogused kaaliumi ning fosforit. Vajalikud sõnniku kogused, olenevad orgaanilise aine mineraliseerumise võimest sõnnikus, mis on mõjutatud mulla omadustest, temperatuurist ning niiskusest. Sõnniku lagunemine peatub kui temperatuurid langevad alla 5°C (Araji et al. 2001). Sõnniku orgaanilise aine lagunemist on vaja teada, et määrata kui palju sõnnikut tuleb anda kultuurile, et rahuldada tema lämmastiku vajadust (Araji et al. 2001). Keskmiselt viiakse 50 tonni taheda veisesõnnikuga mulda 200 kg üldlämmastikku, 60 kg fosforit, 120 kg kaaliumi, 45 kg

magneesiumi, 10 kg rauda, 1,2-2,5 kg mangaani, 15-26 kg naatriumi, 20-30 kg kloori ja 10-16 kg fosforit (Viil, Võsa 2008). Esimesel aastal kasutavad taimed 20-30% lämmastiku, 20-40% fosforit ja 50-70% kaaliumi (Raudväli 1996). Sõnnikuga mulda viidavad lämmastiku kogused on märkisimisväärsed, kuid sõnniku omadused erinevad haljasväetiste omadustest. Sõnniku pidev kasutus tõstab fosfori sisalduse üle vajaliku normi (Nielsen, Kristensen 2005). Sõnniku kasutamise probleemideks on vähene toitainete sisaldus võrreldes sünteetiliste väetistega ning sõnnikuga seotud veo ja laotamiskulud. Looma sõnniku efektiivne kasutamine suurendab väetamisest saadavat kasu (Araji et al. 2001).

Liblikõielised on laialdaselt kasutusel haljaväetisena kuna nad on suutelised siduma lämmastikku õhust ja viima teda mulda. Liblikõielised kultuurid on võimelised siduma 200-300 kg/ha lämmastikku aastas (Tonitto et al. 2006), nende sidumisvõime on maksimumis õitsemise ajal ning väheneb seemnete moodustumise ajal (Leinonen 2000). Enamuse lämmastikust annavad liblikõielised mulda esimese aasta jooksul (Sharifi et al. 2008). Liblikõielistega mulda viidud kogused vähendavad või asendavad taimede lämmastikväetiste vajadust. Lisaks sellele aitavad liblikõielised tõsta mulla orgaanilist ainet, vähendada mulla lasuvustihedust, tõsta mulla mikrobioloogilist mitmekesisust ning suurendada vee imbumist mulda (McGuire et al. 1996).

#### **1.1.4 Külvikorra mõju kartuli kasvunäitajatele**

Õigesti valitud külvikord on aluseks jätkusuutlikule tootmisele. Külvikorra valik omab suurt mõju mulla viljakusele ja läbi selle ka kultuuri saagikusele (Carter et al. 2009). Kuilli ja Lauringsoni (2000) väitel on väetiste kasutamine mitmesuguste põhjuste pärast vähenenud ning sellepärast on oluline uurida eelviljade toimet ja järelmõju. Monokultuuride kasvatamine toob kaasa mullaviljakuse languse paljudes majapidamistes. Mullast eemaldatakse rohkem toiteelemente, kui väetistega mulda viiakse. Sellega kaasneb mulla väsimuse suurenemine, umbrohtude ning taimehaiguste teke. Viljeldav kultuur peab tagama oma eksisteerimiseks vajalikud taimekasvutegurid. Neid on võimalik saavutada kui kasvatada erinevate morfoloogiliste ja bioloogiliste omadustega kultuure, kasutada orgaanilisi väetisi ja kasutada ratsionaalseid mullaharimise tehnoloogijaid. Kõrge

mullaviljakus suudab tõsta ilma täiendavate kulutusteta mulla saagikust ja konkurentsi võimet umbrohtude vastu (Kuill, Lauringson 2000). Orgaaniliste väetiste lagunemisel saavad taimed toitaineid aeglaselt, kuid ühtlaselt, see tagab külvikorras järgnevatele kultuuridele toitainete varustatuse (Freyer 2002).

Külvikordade vaheldumine võib tuua kasulikke toitaineid kartuli külvikordade vahele. Sellega taastab muld oma toitainete kaod. Kartul vajab intesiivset mullaharimist ja viljakat mulda. Külvide vaheldumine kartuli kasvatusel on oluline kuna sellega on võimalik taastada mulla toitainetevaru, mis muidu eemaldatakse kartuli mugulatega (Grandy et al. 2002). Lämmastiku kasutus, maaharimine ja vahekultuurid on ühed tähtsamatest aspektidest, mis mõjutavad mitmeid mulla füüsilisi, keemilisi ja bioloogilisi omadusi (Sapkota et al. 2012). Terve mulla all mõistetakse mulda, mis suudab vastu seista stressile, on bioloogiliselt mitmekesine ning selle sisemine toitainete ringlus on heal tasemel (van Bruggen, Semenov 2000). Külvikorra valik mõjutab eelkõige saagikust, mõju mugulate kvaliteedile on väiksem (Mohr et al. 2011). Rapsi (*Brassic napus* L.) kasvatamine kartuli eelviljana võib põhjustada suurt kartuli umbrohtumust kuna rapsi koristukaod seemne varisemise tõttu võivad ulatuda kuni 300 kg/ha. Rapsil on ka kartuliga mitmeid ühiseid haigusi, mis võivad ülekanduda (Tartlan, Nugis 2009). Teraviljade mitmeaastane kasvatamine jätab kartulile vähesobiliku viljeluskeskkonna. Pidev teraviljade kasvatamine vähendab mulla huumusvarusid. Monokultuuris teraviljade kasvatamine vähendab mulla huumusvarusid keskmiselt üks tonn aastas. Talinisu üksteise järgsel kasvatamisel suureneb ka haiguste teke. Talinisu vajab kevadel taime kasvuks rohkesti lämmastikku kuna mullast toitainete kätte saamine on raskendatud (Vipper 1999).

#### **1.1.5 Vahekultuuride mõju kartuli kasvunäitajatele**

Vahekultuuride kasvatamine haljasväetistena on oluline osa maheviljeluse külvikorrast. Haljasväetised aitavad parandada mulla viljakust ja on eriti vajalikud kui kasvavad enne lämmastiku nõudlike kultuure. Vahekultuurid külvatakse kohe peale põhikultuuri koristamist tavaliselt hilissuvel. Sügisel kasvatatud haljasväetised ja vahekultuurid aitavad peatada lämmastiku leostumist sügisel ja talvel ning säilitavad lämmastiku kui ka teisi

toitained järgnevatele kultuuridele (Stute, Posner 1995). Kulude vähendamiseks on vahekultuuride kasvatamine peale põhikultuuri koristamist parem strateegia, kui lihtsalt väetiste koguste vähendamine (Constantin et al. 2010). Vahekultuuri kasvatamine allakülvina kevadel on enamasti kasutusel põhjamaades, kus ilma tingimused peale põhikultuuri koristust võivad pidurdada hilja alla külvatud kultuuri arengut. See meetod aitab pikendada vahekultuuri kasvu aega ja aitab vältida mullaharimist sügisel (Aronsson 2000). Allakülvi probleemiks võib nimetada seda, et tekib kultuuride vaheline konkurents mulla niiskuse ja valguse üle ning see võib põhjustada põhikultuuri saagikuse langust paari protsendi võrra (Känkanen et al. 2003). Talgre et al. (2011) andmetel on vahekultuuridest levinumad ristõielised: valge sinep, raps ja rüps, aga ka teraviljad ning Itaalia raihein ja keerispea. Need vahekultuurid seovad mullast vaba lämmastiku. Vahekultuuride mulda kündmine toimub kevadel või sügisel enne maa külmumist. Et vahekultuuride areng toimuks normaalselt peab päevane temperatuur olema vähemalt 9°C ning sademeid kasvuperioodil 150-200 mm. Vahekultuuride valikul peab järgima, et botaaniliselt sarnaseid liike ei kasvatata liiga sageli kuna muidu levivad taimede vahel haigused ja kahjurid. (Talgre et al. 2011).

Liblikõielised omavad haljaväetisena mitmeid positiivseid külgi põllumajandus süsteemides: nad suruvad alla umbrohud, suurendavad mulla orgaanilise aine sisaldust ja suurendavad taimede kättesaadava lämmastiku osa (Schipanski, Drinkwater 2010). Taime jäänuste lagunemist muldas mõjutab süsiniku ja lämmastiku suhe. Haljaväetise mineralisatsioonil vabaneb mulda lämmastiku rohkem kui C/N suhe on kitsam (Kumar, Goh 2002). Lämmastik vabaneb kiiremini noorest taimikumassist kui puitunud ja vananenud taimikust (Freyer 2003). Haljasväetiskultuuride bioproduktioon soodsa kasvutingimustes võib ületada 10 Mg/ha, millest humifikatsiooniprotsessi tulemusel tekib mulda 2-3 Mg/ha huumust (Piho 1973). Punane ristik (*Trifolium Pratense* L.) on tuntud haljasväetiskultuurina. Liblikõielisi kasvatatakse haljasväetiskultuuridena kuna nad fikseerivad lämmastikku õhust. Eestis on aretatud mitmeid häid ristikusorte nagu 'Ilte' ja 'Varte', need sordid kuuluvad Soomes, Rootsis ja Norras riikliku sordinimekirja (Bender 2012). Varajast punast ristikut võib haljasväetisena sisse künda külviaasta sügisel või lükata künd edasi järgmisele kevadele. Ristiku taimik on kergesti ümberküntav ning sureb nii sügis- kui kevadkünni tagajärjel täielikult ega muutu järelkultuuris umbrohuks. Punase ristiku teiseks aastaks kasvama jätmise puhul teiseks jõuavad varased sordid täisõitsemise järku, mil lämmastiku sidumise võime on maksimumis (Bender 2012). Lämmastiku

vabanemine punasel ristikul oleneb C:N suhtest taimejäänustes (Thomas, Asakawa 1993). Pidev teravilja kasvatamine ristiku allakülviga ning kevadel sisse kündmisega stimuleerib kogu külvikorra saaki ja parandab lämmastiku omastamist (Kuill, Lauringson 2000).

Kaunviljadele on pööratud olulist tähelepanu külvikorras. Kaunviljad suudavad siduda lämmastikku ning anda selle hiljem edasi kasvatatavale kultuurile (Stark, Porter 2005). Kaunviljad haljaväetisena viivad mulda süsinikku ja lämmastikku selle abil tõstavad nad mulla kvaliteeti ja viljakust (Zotarelli et al. 2012). Kaunviljad suudavad tõsta kartulile kättesaadava lämmastiku kogust ja parandada mulla füüsilisi omadusi. Nad sisaldavad suuri lämmastike koguseid, mis on enamasti vabastatud esimese aasta jooksul (Sharifi et al. 2008). Hernes kartuli eelviljana jätab keskmise struktuursusega mulla. Kartuli mugulatele võivad levida *Rhizoctonia solani* poolt põhjustatud mustkärn ja mooned (Tartlan, Nugis 2009). Kartulid, mis kasvatatakse liblikõieliste järel annavad umbes 36-38% saaki rohkem kui kartulid, mis on kasvatatud talinisu järel, millele pole antud N (Sincik et al. 2008).

Taliteraviljad pannakse maha peale kartuli koristust. Taliteraviljade eesmärgiks on kaitsa mulda erosiooni eest ning aidata mullal kätte saada lämmastiku juure sügavuselt. Taliteraviljad aitavad kaasa vähendanda lämmastiku leostumist sügisel ja talvel (Stark, Porter 2005). Ristõielisi kasvatatakse tihti enne kartulit haljasväetisena. Nad tõstavad mulla viljakust ning kultuuri saagikust samuti on neil võime suruda alla haigusi (Larkin, Griffin 2007). Ristõielised on tuntud oma pika juure süsteemi poolest, mis aitab neil kasutada lämmastikku sügavalt mullast. See teeb ristõielistest hea vahekultuuri kuna nad on võimelised omastama kartulile mittekättesaadavat lämmastiku sügavalt mullast (Tuulos et al. 2014). Ristõielistel on omadus toota glükosinolaate, mis lõhustuvad ja moodustavad lenduvaid komponente, mis on toksilised haiguste patogeenidele (Matthiesen, Kirkegaard 2006). Rapsi kasvatamine haljaväetisena vähendab kartulil musta- ja hariliku kärna teket ning samuti ka varre mädanemist (Larkin, Griffin 2007).



## **1.4. Agrotehnoloogia**

### **1.4.1 Mullaharimine**

Kartuli kasvuks on vajalik hästi haritud ja kobestatud muld. Raskete ja niiskete muldade harimisel tuleb olla ettevaatlik kuna raskete masinate kasutamise tagajärjel võib tekkida mulla tihes. Kuna kartuli veetarve on suur siis paremad tingimused suure saagi saamiseks on niiskematel muldadel. Kergemad mullad taluvad paremini harimist, kuid on oht, et saaki limiteerivaks faktoriks kujuneb vesi, mis omakorda mõjutab toitainete omastamist. Kergemas mullas on taimel lihtsam kasvatada juurestikku ning läbi tugeva juurestiku on taimel kergem omandada toitaineid mullast (Firman, Allen 2007).

### **1.4.2 Kasvuaegne hooldus**

Kartuli taimede kaitseks kasutatakse erinevaid taimekaitsevahendeid. Insektitsiide kasutatakse putukkahjurite vastu, fungitsiide seenhaiguste vastu ning herbitsiide umbrohtude vastu (Firman, Allen 2007). Insektitsiidide kasutamisel tuleks pidevalt vahetada toimeainet kuna kahjurid muutuvad preparaadi vastu resistentseteks. Malekmohammadi 2014. aastal tehtud katse näitab, et kartulimardika pritsimisel sama toimeainega on resistentsete isendite kasvu märgata peale paari aastat. Vihmased suved aitavad kaasa kartuli-lehemädaniku (*Phytophthora infestans* L.) levikule. Liigniiske põllu mikrokliima on sobilik lisaks kartuli lehemädanikule ka kartuli kuivlaiksusele (*Alternaria solani* L.) ning valgemädanikule (*Sclerotinia sclerotiorum* L.). Nende haiguse levikule aitab kaasa ka soojus (Pereira, Shock 2006). Fungitsiidide kasutamine aitab vähendada seenhaiguste levikut taimedel. Positiivsed tulemused pole ainult põllul kuid ka laos, kus probleemsed haigused ei levi nii intentsiivselt. Taimede kasvuaegne pritsimine fungitsiidiga aitab vähendada ka kartuli nakatumise ohtu märgmädanikku (Gachango et al. 2012). Kartulisaagi kvaliteedi tõstmiseks pritsitakse taimi desikandiga taimede

närvutamiseks paar nädalat enne koristust, see tegevus tagab õige koristusaja ning kvaliteedi koristusel, koristamisel peab olema kartuli koor kinni (Firman, Allen 2007).

### **1.4.3 Koristamine**

Tänapäeval toimub kartuli saagi koristamine enamjaolt mehhaniseeritult. Kartuliga kokku puutuvad agregaadid on ehitatud spetsiaalselt selleks, et vähendada käitlusega tekkivaid kadusid. Kartul on soovitatud koristada enne kui mulla temperatuur langeb alla 10°C. Kartulikombainid tänapäeval on võimelised kartulit võtma otse vaost ning sõeluvad ise välja mulla, umbrohu ja pealsed, kästitsi tuleb inimestel eemaldada vaid kivid (Olt 2015). Niisked perioodid võivad kartuli koristusaega edasi lükata ning aeglustada kartuli täisküpsuseni jõudmist. Kui kartuli mugulad on koristatud enne täisküpsusesse jõudmist on neil suurem oht nakatuda haigustesse ning muutuda kasutuskõlbmatuks (Makani et al. 2015) Mugulate hoiustamisel ei muutu kuivaine sisaldus mugulas, kuid toimub siiski kaalu langus, mis on tingitud mugulate veekaost. Katsed näitavad, et kaalu langus on suurem loomuliku ventilatsiooni korral ning sundventilatsiooni korral on mugulate kaalu langus väiksem (Heltoft et al. 2016).

Mugulate säilitamise jooksul muutub ka suhkrute sisaldus mugulas. Mugulate säilitamisel madalamatel temperatuuridel on suhkrute teke suurem. Galani et al. (2015) viisid läbi katse, mis uuris suhkrute tekkimist erinevatel temperatuuridel 23°C, 15°C ja 4°C. Kõige rohkem tekkis suhkruid 4°C juures, seejärel 15°C juures ja lõpuks kõige soojem variant. Säilitamine ei muutnud oluliselt tärklise sisaldust mugulates. Antud andmed on olulised, et hoida õigena kartulihoidla sisetemperatuuri. Kartuli säilitamisel ei tohi hoidla temperatuur langeda alla 2°C kuna olenevalt sordist võib kartul muutuda magusaks. Samuti ei ole otstarbekas hoidlat liialt soojaks kütta, kuna soojema temperatuuriga toimub aktiivsem kartuli mugulate hingamistprotsess ning kartul hakkab idusid kasvatama.

## 1.5 Ilmastiku mõju kartulile

### 1.5.1 Temperatuur

Temperatuur on üks tähtsamaid muutujaid mis mõjutab taime. Ta omab mõju kultuuri kasvule ja saagikusele mitmel viisil. Fotosüntees, hingamine, taime juurdekasv ja kuivaine moodustumine sõltuvad temperatuurist. Õhu temperatuur mõjutab oluliselt kartuli vegetatsiooniperioodi (Mazurczyk et al. 2003). Seemne mugulate idanemine toimub alates 3°C, kuid nendel temperatuuridel ei moodustu juurealgeid ega arene juurekava (Klemke, Moll 1990). Kartuli tegelik idupungade areng toimub temperatuuridel üle 5°C. Temperatuuri tõusul 22-25 °C toimub kiire idude areng ning selline kartul tärkab lühikese aja jooksul. Väga madalad või kõrged temperatuurid aeglustava idanemist ning võivad kaasa tuua idupungade hävinemist. Juured moodustuvad kui temperatuur on üle 7°C, väike ja õrn juurekava paikneb 60% ulatuses künnikihis. Tõusmete areng kartulil toimub paremini jahedama ja niiske ilmaga. Maksimaalne pealsete juurdekasv on temperatuuridel 17-22°C (Tartlan 2000). Temperatuurid üle selle põhjustavad fotosünteesi peatumist (Hammes ja Jager, 1990). Õitsemise ajal on soovitatav temperatuur 18-21°C kuna kõrgematel temperatuuridel võivad osadel sortidel õied variseda. Optimaalne mulla temperatuur mugulate juurdekasvuks on 11-17°C. Temperatuuridel alla 6°C ja üle 23°C mugulate juurdekasv aeglustub ning 26-29°C juures mugulate kasv lõpeb. Kõrgem temperatuur soodustab stoolonite hargnemist ja seetõttu tekib rohkem mugulaid pesas, kuid mugulad jäävad väiksemaks. Keskvalmivate sortide kasvatamisel on oluline, et vegetatsiooniperioodi efektiivsete temperatuuride summa oleks 1000-1200°C (Tartlan 2000). Liiga kuum ilm karulite kasvamise ajal võib tekitada taimel kuumastressi. Selle tagajärjel taime kasv aeglustub, lehepind väheneb ja fotosüntees aeglustub, mis toob kaasa kogusaagi vähenemise. Mugulate kogu saak võib väheneda isegi kuni 25% (Palta 2010).

### 1.5.2 Niiskus

Kartul on üks tundlikemaid kultuure veepuudusele. Vee defitsiit mõjutab mugulate kvaliteeti ning taime saagikust (Porter et al. 1999). Kartuli saagikus väheneb veepuudusel ning samuti ka vee üleküllusel, ebasoodsate ilmastikutingimuste pärast (Wright, Stark 1990). Erinevad uuringud on näidanud, et vee puudus taime erinevatel arengu staadiumitel kiirendab taime valmimist, piirab taime kasvu, vähendab mugulate arvu, suurust ning kvaliteeti (Onder et al. 2005). Kõigis kasvu staadiumites vähendab veepuudus fotosünteesi toimumist, kuid põud omab kõige suuremat efekti saagikusele stoolonite moodustumise ja mugulate kasvamise ajal (Hlavinka et al. 2009). Mulla liigse vee sisalduse puhul kartuli mugulad ja juured ei saa vajalikku hapnikku mullast kätte ning saagikus väheneb (Holder, Cary 1984). Üleliigne mulla vesi on iseloomulik parasvöötme muldadele, kuid võib ajutiselt esineda kõikjal. Liigne vesi soodustab haiguste teket ning viib nitraatide leostumiseni (Waddell et al. 2000). Kartuli vee vajadust peetakse võrdseks aurumisega (Katerji et al. 2008). Võimaliku aurumise saab kindlaks määrata ilmaandmetega ja teades kartuli valmimise astet. Kõrgete saakide saamiseks vajab kartul 400-800 mm sademeid sõltuvalt sordist ja kasvuperioodi pikkusest (Wright, Stark 1990). Eestis on keskmine sademete vajadus 240 mm vegetatsiooni perioodi ajal. Vee vajadus sõltub mulla tüübist ja agrotehnikast (Saue, Kadaja 2014). Tava- ja maheviljelust omavahel võrreldes on katsed näidanud, et vee suhtes on tundlikumad tavasüsteemis kasvatatud taimed. Nad taluvad halvemini liigniiskust kui ka põuda (Maggio et al. 2008).

### 1.5.3 Valgus

Päikesevalgus on vajalik kõigile elusolenditele. Taimedele on pidev valgus tähtis, et toimuks fotosüntees, mille käigus suudavad rohelised taimed valgusenergia muuta süsivesikuteks (Galvão, Fankhauser 2015). Kartul vajab kasvuks valgust, kui valgust pole piisavalt siis kartuli taimed venivad välja ja kolletuvad. Olulist rolli mängib mahapanekunorm kuna ta määrab ära kartuli valguse kättesaadavuse ja assimilatsioonipindala suuruse. Valguse

paremat kättesaadavust soodustab kartulivagude põhja-lõunasuunaline rajamine. Stoolonite moodustumine toimub ainult pimedas. Sellepärast võivad stoolonid moodustuda peaaegu pindimiselt kui kartul on kaetud valgust mitteläbilaskva kilega. Seda kasutatakse tihti varajase kartuli kasvatamisel kuna nii on kergem kartulit koristada (Tartlan 2000).

## 2. METOODIKA

### 2.1 Katse kirjeldus

Uurimaks viljelussüsteemide mõju erinevatele põllukultuuridele rajati 2008. aastal põldkatse Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi katsepõllule Eerikal, mis asub Tartumaal Ülenurme vallas Õssu külas (58°22`N ja 26°40`E). Põldkatses oli kolm mahe- ja neli tavaviljelussüsteemi neljas korduses. Iga katselapi suuruseks oli 60 m<sup>2</sup> (iga katselapp oli 6 m lai ja 10 m pikk). Mahe- ja tavaviljeluse katselapid olid eraldatud 18 m laiuse heintaimede segust koosnevast puhveralast, et vältida taimekaitsevahendite, väetiste ja vahekultuuride levikut süsteemide vahel. Tavaviljeluse süsteemid olid üksteise järel ilma vahe aladeta, kuid seal kasutati ülemineku alasid (1 m pikkused ja 6 m laiuseid), kust proove ei võetud. Antud töös kasutatud katseandmed on võetud 2014-2016 aastal. Katseala mullastik oli liivsavi lõimisega näivleetunud muld, mis sisaldas enne katse sooritamist keskmiselt 0,11% üldlämmastikku, 1,52% süsinikku ning taimedele omastatavaid elemente järgnevalt: 107,79 mg/kg fosforit, 122,7 mg/kg magneesiumi, 1454,6 mg/kg kaltsiumi ja 114,8 mg/kg kaaliumi. Mulla pH oli 5,9.

Kartul oli üks külvikorra kultuuridest, kus üksteisele järgnesid kartul, oder (*Hordeum vulgare* L.) punase ristiku allakülviga, punane ristik (*Trifolium pratense* L.), talinisu (*Triticum aestivum* L.) ja hernes (*Pisum sativum* L.). Katses kasvatati keskvarajast kartulisorti 'Maret'. 'Maret' on punasekooreline ümara mugulaga kartulisort, mille ristamisvanemad on Vita ja Frila N. Mugul on helekollase sisuga ja silmad on keskmise sügavusega. Taime õis on punavioletne ning puhmas keskmise kõrgusega poollaiuv. Eelidantatult annab kõrge varajase saagi, kus kaubanduslike mugulate osakaal on suur. 'Maret' on kiduussi- (*Globodera rostochiensis* L.) ja vähikindel (D1), samuti on tal hea vastupanuvõime viirushaigustele ja mustkärnale. Teiste varajaste sortidega võrreldes on lehemädaniku kindlam ning mugulamädanikesse nakatumine on suhteliselt madal. 'Maret' eelistab kergema lõimisega viljakaid muldi, millel on hea niiskusrežiim. Eelidandamine kestab umbes 3-4 nädalat, 12-15 °C juures. Katsete põhjal sobib sort suurepäraselt maheviljelussüsteemi, kuna pealsed arenevad kiiresti ning lämmatavad seetõttu umbrohud.

(Eesti Taimekasvatuse Instituut 2014). Kokku oli katses 140 katselappi, millest kartuli all oli 28 (7 süsteemi 4 korduses).

Maheviljeluses kasutati kolme erinevat viljelussüsteemi: 1) Mahe 0- kontrollsüsteem ilma vahekultuurita ja sõnnikuta, 2) Mahe VK- kasvatati talviseid vahekultuure 3) Mahe VK+S- kasvatati talviseid vahekultuure ja kevadel lisati veisesõnnikut 20 t/ha. Vahekultuuridega süsteemides kasvatati talinisu järel rukki (*Secale cereale* L.) ja rapsi segu. Enne kartulit kasvatati vahekultuurina talirapsi (*Brassica napus* sp. *oleifera biennis*) ja peale kartulit külvati vahekultuuriks rukis. Veise sõnnik sisaldas keskmiselt 9,7 g/kg üldlämmastikku, 4,6 g/kg fosforit, 8,6 g/kg kaaliumi, 138 g/kg süsinikku ja kuivainet oli 44,8 %.

Tavaviljelussüsteemis oli neli erinevat süsteemi olenevalt lämmastiku kogustest: 1)  $N_0P_0K_0$  ( $N_0$ ), 2)  $N_{50}P_{25}K_{95}$  ( $N_{50}$ ), 3)  $N_{100}P_{25}K_{95}$  ( $N_{100}$ ) ja 4)  $N_{150}P_{25}K_{95}$  ( $N_{150}$ ). Kõigile tavaviljelussüsteemidele anti kartuli mahapaneku ajal NPK väetist vahekorras 20:25:95. Kasvuaegselt anti olenevalt süsteemist üks kuni kaks korda täiendavalt lämmastikväetist, et saavutada süsteemi lämmastiku norm. Täiendavalt antud kogused olid  $N_{50}= 30$  kg/ha,  $N_{100}= 60+20$  kg/ha ja  $N_{150}= 90+40$  kg/ha.

## 2.2 Kartuli mahapanek ja koristus

Kõik kartuli seemnemugulad olid eelidandatud. Eelidandamiseks hoiti seemnemugulaid 35-38 päeva enne mahapanekut puidust kastides piisava niiskuse ja valgusega ruumis ning ruumi temperatuuriks oli 12-15°C. Seemnemugulate suuruseks oli 35-55 mm. Mugulad pandi maha normiga 3,0 t/ha (52 910 mugulat hektarile). Vagude vaheline kaugus oli 70 cm ja mugulate vaheline kaugus vaos oli 27 cm. Kartuli mahapanekuks kasutati kohalikku kartulisorti 'Maret'.

## 2.3 Ilmastik

Tabelist 1 on näha, et katseaastatest oli kõrgeima keskmise õhutemperatuuriga 2014. aasta vegetatsiooniperiood. Õhutemperatuurid juuli- ja augustikuus olid antud aastal kõige kõrgemad. Paljude aastate keskmise õhutemperatuuriga võrreldes oli antud katseaastatest eelnimetatud näitajale sarnasem 2016. aasta.

**Tabel 1.** Kasvuperioodi ilmastik ja 1969-2016 a. keskmine

kuu	Temperaatuur				Sademed			
	2014	2015	2016	keskmine	2014	2015	2016	keskmine
Mai	11,9	10,2	14,0	11,4	27,9	20,7	0,5	19,5
Juuni	13,4	14,2	15,9	15,3	34,5	13,1	41,5	25,2
Juuli	19,3	15,7	17,8	17,5	23,8	20,5	27,2	23,4
August	16,8	17,0	16,1	16,2	37,7	13,7	14,0	29,5

Sademete summa poolest oli kõige rohkem sademeid 2014. aastal. Sellest võivad olla tingitud ka väiksemad saagikused antud aastal. Võrrelduna 1969-2016 aasta keskmisena on 2016 aasta juuni väga sademeterohke. See võis soodustada suuremaid saagikusi.

## 2.4 Mõõtmised, analüüsid ja kalkulatsioonid

Saakide kasvudünaamika määramiseks võeti kartulil neljal erineval kasvupäeval proovid, et määrata kogusaak ja kaubanduslik saak. Proov koosnes 10. järjestikusest taimest. Kaubanduslikuks saagiks loeti mugulad, mille läbimõõt oli üle 35 mm. Kasvudünaamika määrati järgnevatel kasvupäevadel: 55, 70, 85 ja 100. Lõppsaagi hindamine toimus viimasel kasvumääramisel.

Aprilli keskel enne maaharimistööde tegemist võeti mullaproovid 0-25 cm sügavuselt. Mullaproovi keskmise määramiseks võetakse 8 proovi. Õhu käes kuivatatud mullaproovid sõelutakse läbi 2 mm sõela. Seejärel määratakse mulla keemiline reaktsioon (pH) 1 M KCl



(1:2,5) lahuses. Mulla süsinik arvutati kasutades Tjurini meetodit (Soil Survey Laboratory staff 1996). Mulla üldlämmastik määrati Kjeldahli meetodi (van Reeuwijk 1995) järgi. Taimede kättesaadavate toitainete kogused määrati ammoonium laktaadi meetodil (Egner et al. 1960).

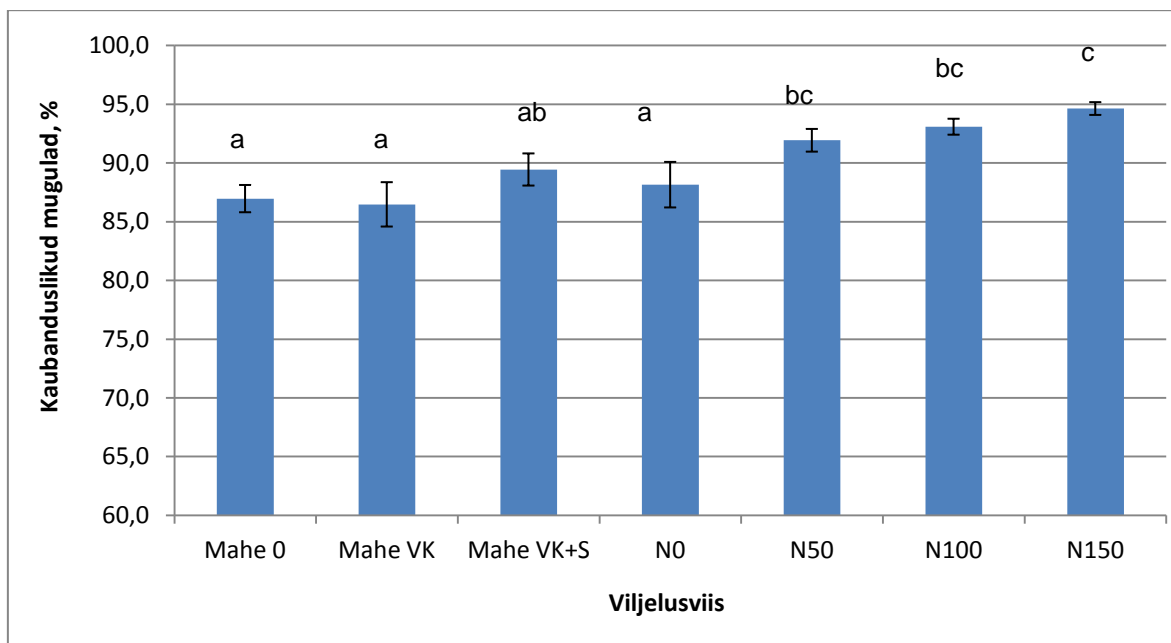
Statistiliste analüüside määramiseks kasutati programmi Statistica versioon 11.0 (Statsoft Inc). Viljelusviisi mõju kartulimugulate saagile määrati kasutades selleks faktoriaalset testi ANOVA. Statistiliselt usutavate erinevuste leidmiseks viljelussüsteemide vahel kasutati Fischeri testi. Statistilised usutavad erinevused ( $P < 0,05$ ) süsteemide vahel on märgitud joonisel erinevate tähtedega.

### 3. TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1 Kaubanduslik mugulasaak

Kaubandusliku saagi moodustavad mugulad, mille läbimõõt on üle 35 mm. Mugulaid, mis jäävad alla selle läbimõõdu pole selles töös arvestatud kuna põllumajandus ettevõtteid saavad tulu peamiselt kaubandusliku mugulasaagi realiseerimisest.

Jooniselt 1 on näha et usutavat erinevust kõigi tavaviljeluses väetatud variantide vahel pole. See tähendab, et kogusaagist saadav kaubanduslike mugulate osakaal on kõigil väetatud variantidel enam vähem sama. Samasugune tendents on ka kõigil mahevariantidel ja N0 süsteemil. Jooniselt 1 on selgelt näha, et väetatud variantides on kaubanduslike mugulate osakaal kogusaagist üle 90% kõigis variantides.



**Joonis 1.** Kaubanduslike mugulate osakaal kogusaagist 2014-2016 aasta keskmisena

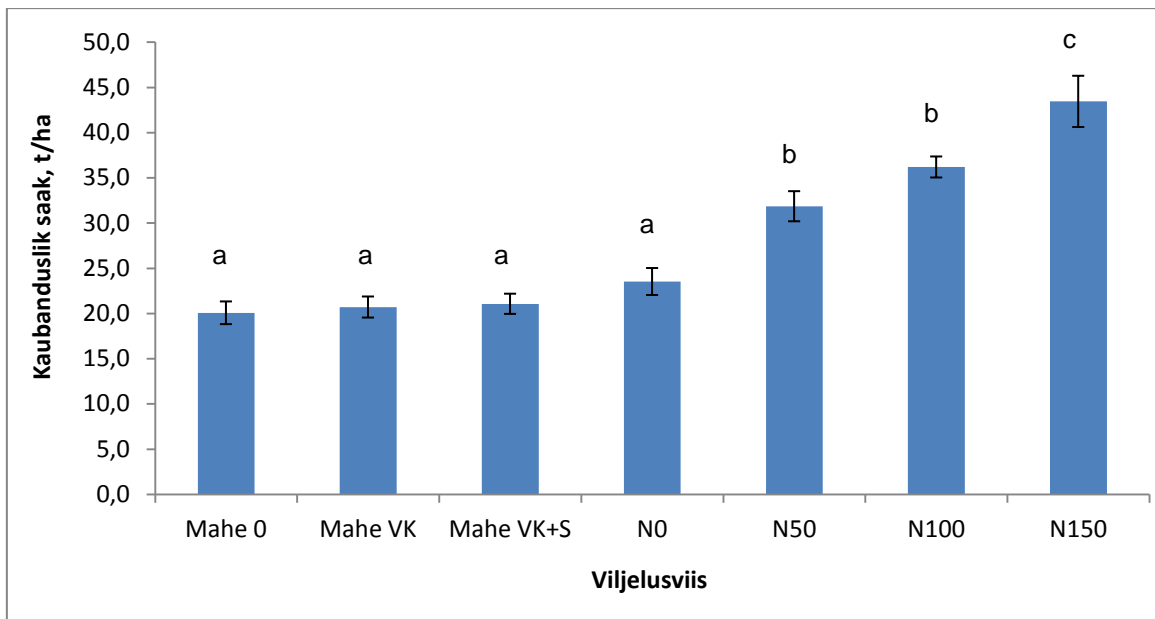
Tabelis 2 on välja toodud kaubanduslikud saagid aastate kohta ja nende keskmine uuritava perioodil. Tabelist on näha, et kõigil katse aastatel andis suurimat kaubanduslikku saaki tavaviljeluse süsteem N150 ja suurim oli ta 2016. aastal kui saadi 54,6 t/ha. See on tingitud soodsatest kasvutingimustest pealsetele, mis said kauem kasvada ning seeläbi moodustada suurema mugula saagi samuti polnud taimedel veepuudust. Kõige väiksema kaubandusliku saagi tavaviljeluse süsteemides moodustas N0 kõigil kasvu aastatel.

**Tabel 2.** Kaubanduslikud saagid aastatel 2014-2016 ja keskmine, t/ha ning SE ja usutav erinevus.

<b>Aasta</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2014-2016</b>
Mahe 0	19,2 ±1,9 a	20,1 ±3,5 a	20,9 ±1,1 a	20,1 ±1,3 a
Mahe VK	21,5 ±1,3 ab	20,5 ±1,6 a	20,2 ±3,2 a	20,7 ±1,2 a
Mahe VK+S	18,4 ±1,4 a	21,5 ±0,4 ab	23,3 ±2,7 a	21,1 ±1,1 a
N0	19,3 ±1,5 a	26,9 ±2,1 bc	24,4 ±2,8 a	23,5 ±1,5 a
N50	27,1 ±1,6 b	30,7 ±1,7 c	37,8 ±2,3 b	31,9 ±1,7b
N100	33,7 ±1,4 c	37,4 ± d	37,4 ±2,7 b	36,2 ±1,2 b
N150	36,4 ±3,6 c	39,4 ± d	54,6 ±3,3 c	43,5 ±2,8 c

Maheviljeluse süsteemidest oli kõige suurem kaubanduslik saak 2016. aastal Mahe VK+S süsteemis 23,3 t/ha. Katse aastate keskmisena oli samuti Mahe VK+S kõige suurema kaubandusliku saagiga 21,1 t/ha. Kõige väiksem oli tulemus 2014. aastal Mahe VK+S süsteemis 18,4 t/ha, mis võis olla tingitud jahedast ilmast ja halvast sõnniku lagunemisest (Tabel 1)

Tavaviljeluses olid aastatel 2014-2016 kaubanduslikud saagid järgnevad: N0 - 23,5 t/ha, N50- 31,9 t/ha, N100- 36,2 t/ha ja N150- 43,5 t/ha. Statistiliselt usutavalt sarnased olid N50 ja N100 ning N150 oli kõigist variantidest suurima kaubandusliku saagiga. Jooniselt 2 on näha, et N150 on usutavalt erinev teistest variantidest, mis näitab et lisa lämmastikväetise kasutamine on toonud juurde märgatavat saagikust. N0 oli statistiliselt sarnane mahe süsteemidele. Maheviljeluses saadi kaubanduslikud saagikused järgnevad: Mahe 0- 20,1 t/ha, Mahe VK- 20,7 t/ha ja Mahe VK+S- 21,1 t/ha.



**Joonis 2.** Kaubanduslikud saak 2014-2016. aastal

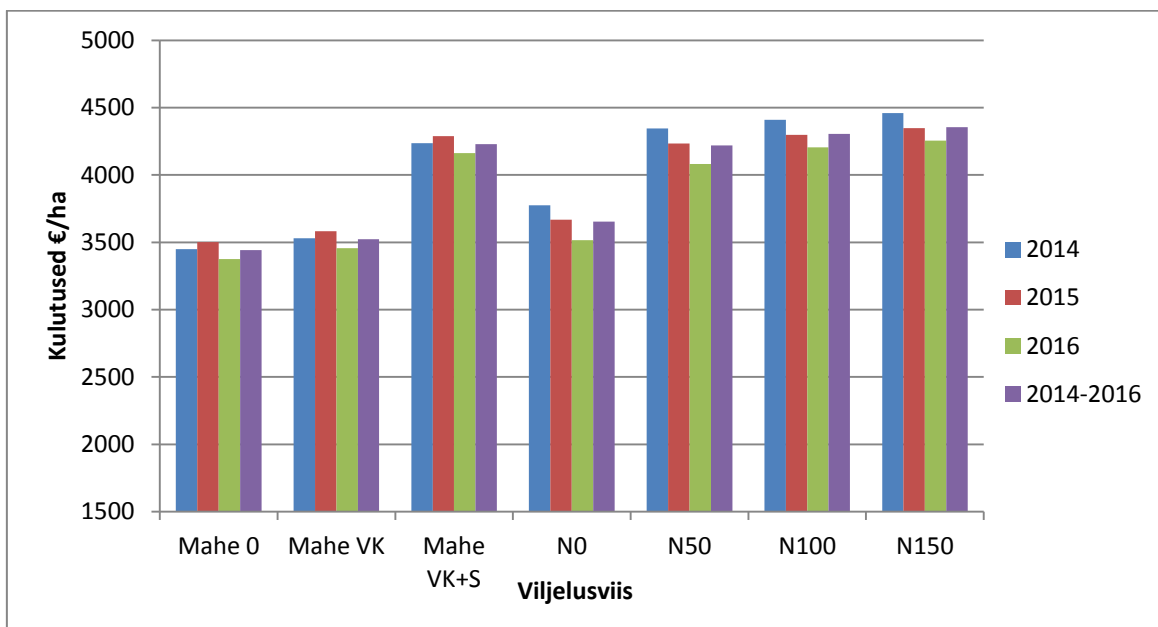
Jooniselt 2 võib välja lugeda, et Mahe VK+S andis kõige suurema kaubandusliku saagi maheviljeluses (Joonis 2). Selles süsteemis kasutati lisaks vahekultuurile ka täielikult komposteerunud veisesõnnikut kogusega 20 t/ha. Reddy et al (1986) leidis samuti, et sõnniku lisamine suurendab kartuli saagikust. Mineraalväetist saanud viljelussüsteemides on kaubanduslike mugulate saak suurem kui ilma mineraalväetisteta kasvatatud süsteemides.

### 3.2 Kulud

Joonisel 3 on toodud muutuv- ja püsikulud kokku erinevates viljelussüsteemides erinevate aastate vältel. Uurimistöös kasutatud masintööde hinnad on võetud Aamisepa poolt koostatud raamatus „Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatuses“. Kõige suuremad muutuvkulud kõigis süsteemides on seemnekartulile 1350 €/ha ja eelidandamisele 999,9 €/ha.

Joonisel 3 on näha, et tavaviljeluse süsteemides, kus kasutati mineraalväetisi on kulud üsna sarnased. Püsikulude juures mõjutavad kulutusi mineraalväetiste külvamise korrad, mis on kõige suuremad süsteemides N100 ja N150. Muutuvkulusid mõjutab väetiste kasutamise

kogus, mis kasvab süsteemides kus kasutati rohkem mineraalväetisi. Süsteemis N0 ei kasutatud mineraalväetisi sellepärast on seal tehtud kulutused väiksemad teistest tavaviljeluse süsteemidest. Kõige suuremad kulutused 4354 €/ha 2014-2016 aastate keskmisena on süsteemis N150 kuna seal kasutati kõige rohkem mineraalväetisi.



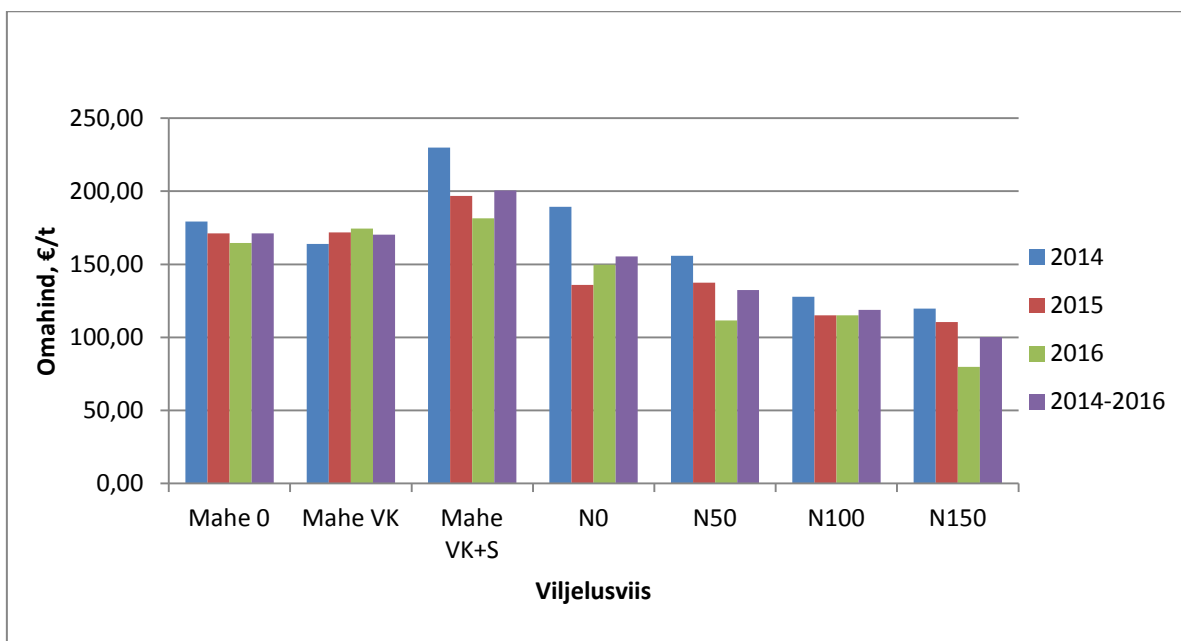
**Joonis 3.** Kulud erinevates viljelusviisides aastatel 2014-2016.

Joonisel 3 on välja toodud kulutused maheviljelussüsteemis, milles on näha et kõige suuremad kulutused on Mahe VK+S variandis. Variandis Mahe VK+S kasutati väetisena veise sõnnikut, mis osteti hinnaga 24 €/t ja laotamise hinnaks oli 11,3 €/t, see tõstis antud variandi kulutused kõige suuremaks maheviljelussüsteemidest. Samuti variantides Mahe VK ja Mahe VK+S on lisaks kartuli seemnele ka rapsi seemne kulud 9,4 €/kg, mis mõjutavad muutuvkulusid antud süsteemides. Kõige madalamad olid kulud Mahe 0 süsteemis kuna seal ei külvatud rapsi ega ei laotatud sõnnikut.

Täpsemad kulude jaotused on välja toodud lisas 1, 2, 3.

Kartuli omahind näitab kulutuste suurust eurodes ühele toodanguühikule. Jooniselt 4 on näha, et 2014-2016 aastate keskmisena on omahinnad kõige väiksemad N150 süsteemis 100,09 €/t. Selle põhjuseks on kõrged kaubanduslikud saagid kõigil aastatel N150 süsteemis. Maheviljeluses oli kõige madalama omahinnaga Mahe VK süsteem, kus

omahinnaks oli 170,2 €/t. Omahinnad on madalamad väetatud süsteemides kuna seal on suuremad saagikused ning see aitab tasuda tehtud kulutused.



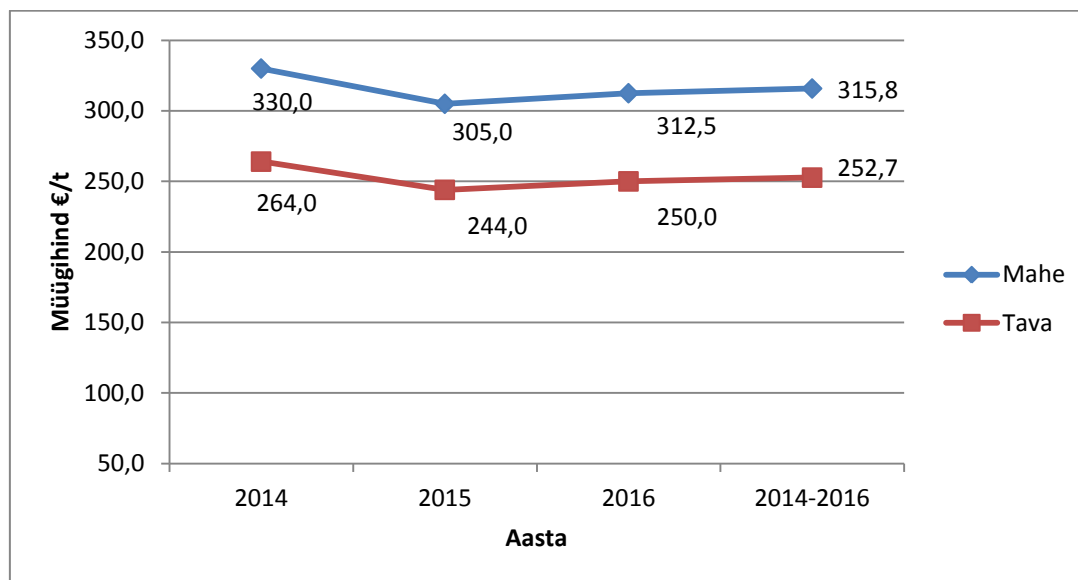
**Joonis 4.** Erinevates viljelusüsteemides kasvatatud kartulite omahinnad 2014-2016. a

Kõige kõrgem omahind on kõigil aastatel olnud Mahe VK+S variandis. 2014 aastal oli seal kartuli tonni hinnaks 230 €. Selline kõrge omahind on tingitud sellest, et kulutusi on olnud palju nagu sõnniku ostmine, laotamine, rapsi seemne ostmine ja laotamine aga saagikus on olnud suhteliselt sarnane teistele maheviljelussüsteemidele.

### 3.3 Tulud

Kartul on üks olulisemaid kultuure, mida kasvatatakse maheviljeluses (Ierna, Parisi 2014). Mahekartul maksab rohkem kuna seal on suuremad kasvatusriskid nagu risk haigustele ja kahjuritele kuna seal ei kasutata sünteetilisi taimekaitsevahendeid, mis kergitab oluliselt kartuli hinda, sest kaetud peavad saama kulud, mida siiski kartulikasvatuseks tehakse ning samuti, et tootmine annaks tulu.

Mahekartuli hind on üldiselt 25% kõrgem kui tavakartuli hind (Mikk 2011) (Joonis 5). Sellepärast tuleb suhtuda kriitiliselt mahekartuli hindadesse kuna need on leitud arvutuslikult. Kartuli hinnad on saadud erinevate kokkuostjatega konsulteerides. Mahekartulit on küllalt raske realiseerida suurtes kogustes.



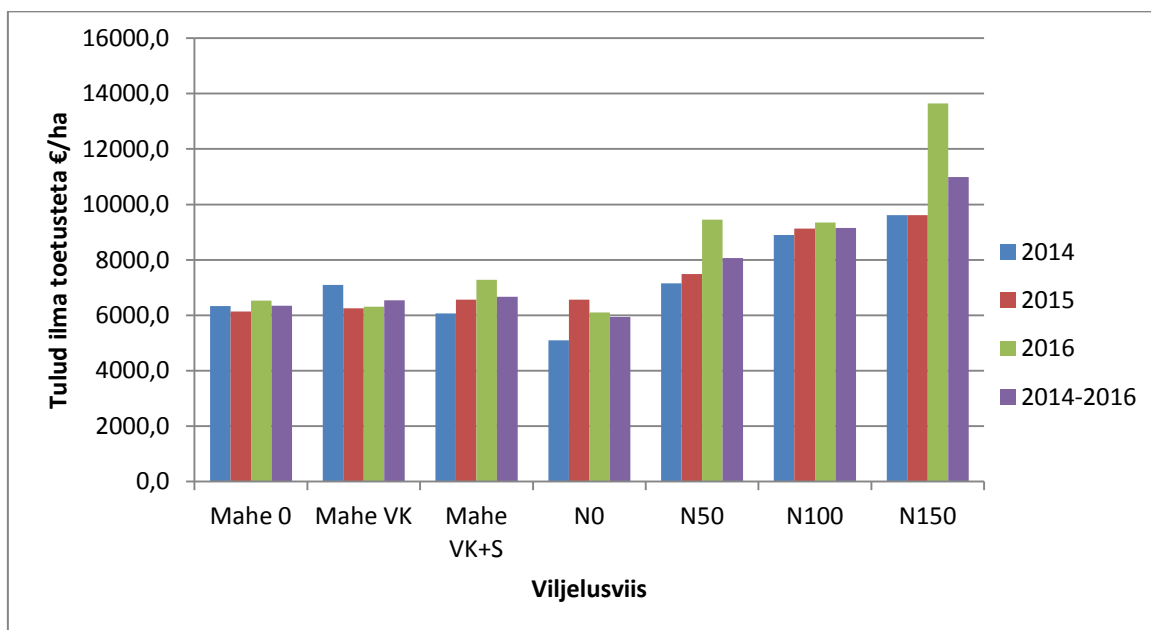
**Joonis 5.** Kartuli hinnad km-ga erinevatel kasvuaastatel ja aastate keskmisena

Joonisel 5 on näidatud hinnad aastatel 2014-2016. Jooniselt ilmneb, et kartuli müügihind oli kõige kõrgem 2014. aastal kui tavakartuli hinnaks oli 264 €/t ja mahekartuli hinnaks 330 €/t. Antud hinnad on võetud augusti keskmise hinna kohta. Selleks ajaks kartuli nõudlus turul väheneb ning hind langeb kuna pakkujaid on palju. Kartuli hind on langenud aastatel 2015 ja 2016 sellepärast, et turul on suur konkurents. Tuuakse sisse kartulit väljaspool Eestit, mis on varem valminud ning see langetab Eesti tootjatele kartuli hinda. Madalaim hind on 2015 aastal kui tonni hinnaks on 244 € tavakartuli eest ja 305 € mahekartuli eest.

Kartuli müügist saadud tulu ei sõltu ainult saagi suurst, vaid ka kokkuostuhinnast antud päeval. Tootja suudab mõjutada saagikust ja sellele tehtavaid kulutusi, kuid saadud tulu suuruse määravad ära kokkuostjad seades kokkuostuhinna. Antud töös on tulu alla arvestatud kaubanduslike mugulate müügist saadud tulu.

Jooniselt 6 on näha, et peaaegu kõigi katsevariantide parimaks aastaks on 2016 välja arvatud Mahe VK ja N0. Eriti suured vahed on N50 ja N150 süsteemides. 2016 aasta

suured tulud on tingitud suurtest saagikustest antud aastal. Kahes mahe variandis on kõigi aastate tulud suhteliselt ühesugused Mahe 0 ja Mahe VK, muutusi on näha ainult Mahe VK+S variandis, mis on iga aastaga andnud suuremaid tulusi.



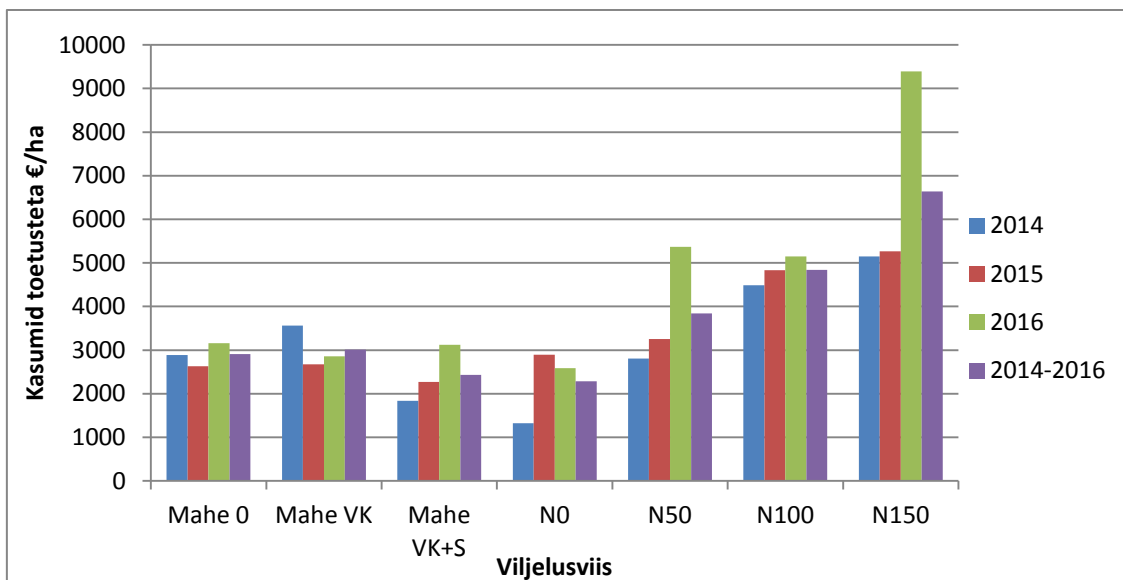
**Joonis 6.** Tulud hektari kohta ilma toetusteta aastatel 2014-2016 ja aastate keskmisena

Põllumajandustootjate jaoks pole müügist saadav tulu ainsaks tulu allikaks, neile makstakse ka toetusi. Pindalatoetus ehk ÜPT on ühtne pindalatoetus, mida makstakse iga haritava põllumajandusmaa hektari eest. KSMi makstakse keskkonna sõbraliku majandamise eest hektari kohta ning mahetoetust makstakse maheviljeluse standarditele vastavatele ettevõtetele hektari põhiselt. Kõigi toetuste eesmärgiks on muuta ettevõtte konkurentsivõimelisemaks ning toit tarbijale odavamaks. Toetuste määrad on võetud PRIA kodulehelt.



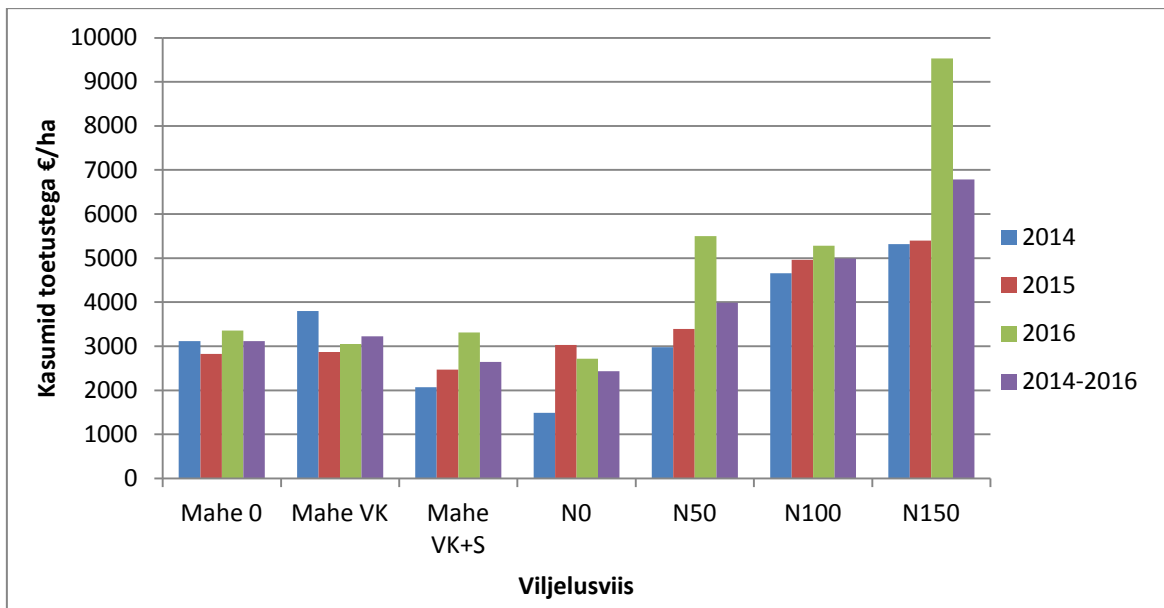
### 3.4 Kasum

Joonistelt 7 ja 8 on näha, et kõik viljelussüsteemid suudavad majandada kasumlikult. Majanduslikult kõige tasuvam oli tavaviljeluse süsteem N150, milles on kõige suurem kasum koos ja ilma toetusteta (joonised 9 ja 10). Toetustega saadi antud süsteemilt 9528 €/ha kasumit ning ilma toetusteta 9394 €/ha kasumit. See näitab, et enamsaagist saadud tulu kattis väetistele ja masintöödele tehtud kulutused. Väetamisel tuleb lähtuda majandulikult efektiivsetest väetisekogustest kuna need kindlustavad suurima kasumi antud agromajanduslikes tingimustes (Lauringson et al. 2011).



**Joonis 7.** Kasumid ilma toetusteta erinevatel aastatel

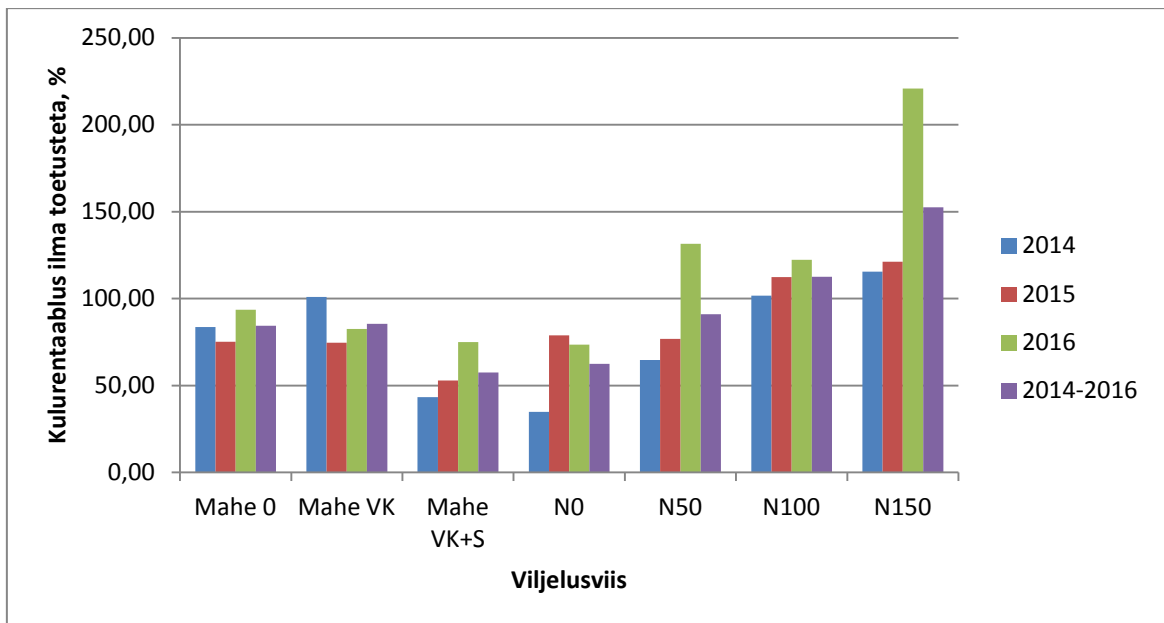
Joonisel 7 on näha, et kasumid suurenevad variantides, kus mineraalväetiste kasutamine on suurem. Kasumid tavaviljeluse väetatud süsteemides on kasvanud aastalt aastale tänu masinhindade odavnemisele. 2016 aasta suured saagid on tõstnud märkimisväärselt aastate keskmist kasumit.



**Joonis 8.** Kasumid koos toetustega aastatel 2014-2016 ja aastate keskmisena

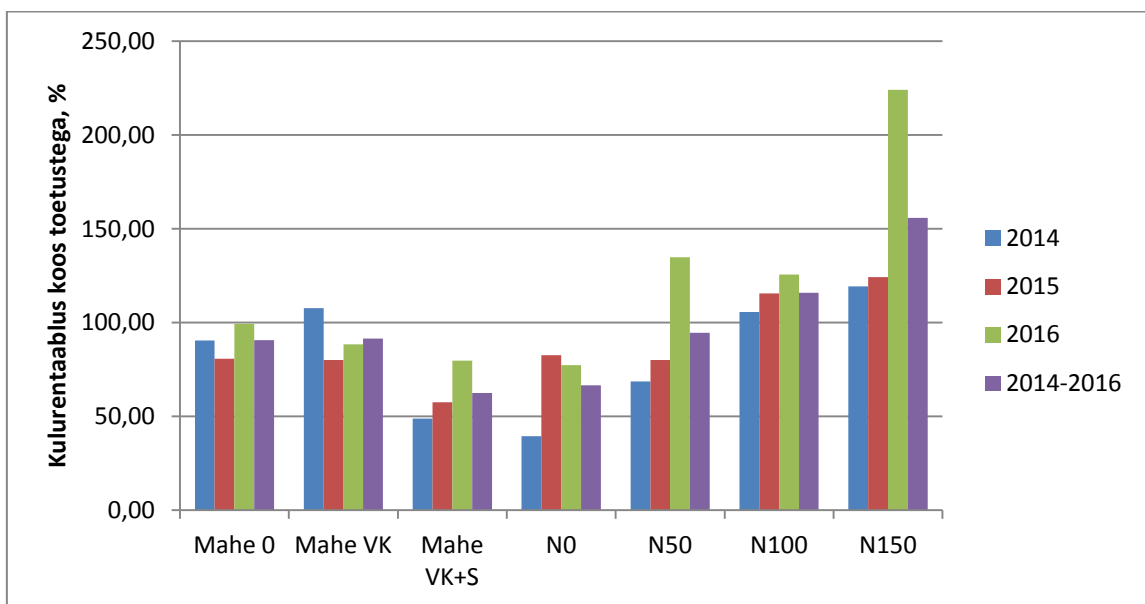
Maheviljeluse süsteemidest kõige tasuvamaks aastate keskmisena kujunes Mahe VK süsteem. 3 aasta keskmisena saadi hektarilt 3224 € kasumit koos toetustega ja ilma toetusteta 3014 €. Mahe VK süsteemis ei kasutatud sõnnikut, mis vähendas kulutuste suurust ning aitas seeläbi suurendada kasumit võrrelduna mahesüsteemiga, milles kasutati sõnnikut. Kõige kehvemat tulemust on 3 aasta jooksul on näidanud N0, seal on sarnased kulutused mineraalselt väetatud süsteemide välja arvatud väetistele tehtud kulutused, kuid saagikused antud süsteemis on oluliselt väiksemad.

Kulurentaablus näitab, kui palju teenitakse kasumit iga kulutatud euro kohta. Kõige suurem kulurentaablus ilma toetusi arvesse võtmata oli tavaviljeluse süsteemil N150 120% (joonis 9). Mis tähendab, et antud süsteemi puhul teeniti iga kulutatud euro kohta 1,20 eurot kasumit, toetused lisasid kasumile juurde 0,04 eurot (Joonis 10). Sellest tulenevalt saab väita, et antud süsteemi põhimõtetel on kartulit kõige tasuvam viljeleda.



**Joonis 9.** Kartuli kulurentaablus ilma toetusteta

Kõige väiksem kulurentaablus aastate keskmisena oli Mahe VK+S süsteemis, kus teeniti kasumit iga kulutatud euro kohta 0,62 eurot koos toetustega (Joonis 10)



**Joonis 10.** Kartuli kulurentaablus koos toetustega

Mahe süsteemidest oli kõige kasumlikum 3 aasta keskmisena Mahe VK süsteem. Antud variandis teeniti iga investeeritud euro kohta täiendavalt tagasi 0,92 eurot koos toetustega. Maheviljelus suudab majandada kasumlikult, kuid võrrelduna tavaviljelusega pole

maheviljelus nii konkurentsivõimeline. Maheviljeluses on kulud üsna sarnased tavaviljeluse kuna kasutatakse orgaanilisi väetisi ning lubatud preparaadid on kõrgemate hindadega. Samas saagikus ja kasum on kohati poole väiksemad kui tavaviljeluses nagu on näha Jooniselt 8.

## KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Antud uurimustöö eesmärkideks oli uurida kartuli sordi 'Maret' kaubanduslikke saagikusi mahe- ja tavaviljelussüsteemides ning selgitada, milline viljelusviis on tasuvaim. Teiseks eesmärgiks oli selgitada välja maheviljeluse tasuvuse ilma makstavate toetusteta ja konkurentsivõimelisus võrreldes tavaviljelusega.

Katse korraldati Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi katsepõllul Eerikal 2014-2016. aastal, et uurida kuidas külvikord mõjutab erinevaid põllukultuure. viljelussüsteemidest on tasuvaimad. Katsete läbiviimise käigus selgus, et kolme aasta kõige kõrgema kaubandusliku saagi tavaviljelussüsteemis andis N150 43,5 t/ha, selles variandis oli ka kõige suurem kaubanduslike mugulate osakaal kogusaagist 94,6%. Tulemuste analüüsimisel selgus, et süsteemide N50 ja N100 vahel ei ole statistiliselt usutavaid erinevusi kaubanduslike mugulate saagis. See tähendab, et süsteemis N100 ei saadud lisa mineraalväetiste kasutamise oluliselt suuremat saaki. Kui uurida lähemalt, milline katse aastatest oli kõige kasumlikum siis 2016. aastal saadud saagid olid kõige suuremad peaaegu kõigis variantides välja arvatud N0. N150 variandis oli kaubanduslikuks saagiks 54,6 t/ha, mis kindlasti tõstis oluliselt kolme aasta keskmist. Maheviljelussüsteemis andis suurima kaubandusliku saagi kolme aasta keskmisena Mahe VK+S 21,1 t/ha. Antud variant on andnud ka suurimaid saake 2015 ja 2016 aastal. 2014 aastal oli Mahe VK+S variant väiksema saagiga kui Mahe VK, mis võis olla tingitud jahedast ilmast kuna sõnnik ei jõudnud mineraliseeruda. Antud tulemused näitavad, et vahekultuuride kasvatamisest ja sõnniku lisamisest ei piisa, et tagada kartulile vajalikke toitainete koguseid. Lisaks orgaanilistele väetistele tuleb lisada mineraalseid väetisi, mis tõstavad oluliselt kartuli saagikust.

Kõige tasuvamaks süsteemiks 2014-2016. aastate keskmisena osutus tavaviljeluse süsteem N150, kus saadi kõige suuremat kasumit. Antud süsteemi kasum koos toetustega oli 6783 €/ha. Maheviljeluses olid kõik süsteemid tasuvad, kuid kõige tasuvamaks süsteemiks 2014-2016 aastate keskmisena oli Mahe VK. Antud variandis saadi kasumit 3224 €/ha koos toetustega. Kõige suuremad kulutused olid 2014-2016 aastate keskmisena tavaviljelussüsteemis N150 4354 €/ha. Antud süsteemis kasutati kõige rohkem mineraalset lämmastikväetist ning sellepärast olid kulud suuremad kui teistes tavaviljeluse

süsteemides. Maheviljeluses olid kõige suuremad kulud 2014-2016 aastate keskmisena Mahe VK+S süsteemis 4229 €/ha. Kõrged kulud antud süsteemis on tingitud eelkõige sõnniku ostmise ja laotamise kuludest. Sellest võib järeldada, et maheviljeluses on kindlasti vaja teha kulutusi optimaalselt kuna saagid on väiksemad kui tavaviljeluses ning kasumit mõjutavad kulutused oluliselt.

Uurimustöö tulemustest selgub, et suurimad kaubanduslikud saagikused saavutati viljelussüsteemides, milles kasutati mineraalseid väetisi ning taimekaitsevahendeid. Majandulikult kõige tasuvamaks 2014-2016 aasta põhjal osutus tavaviljelussüsteem N150, kus teeniti kõige suuremat kasumit. Samuti on näha, et kõik maheviljeluse süsteemid suudavad majandada kasumlikult mitmeid aastaid, kuid nende konkurentsivõimelisus võrrelduna tavaviljelusega on halb kuna saagikused on madalamad ning seeläbi põllumehele saadav kasum on väiksem.

Uurimustöös püstitatud hüpotees, et tavaviljeluse süsteemis kasvatatud kartuli saagikus on suurem ning seetõttu on ka suurem müügist saadav tulu, leidis kinnitust. Teine hüpotees, et maheviljelussüsteem ei ole konkurentsivõimeline ilma toetusteta võrreldes tavaviljelussüsteemiga, ei leidnud kinnitust.

Autori ettepanekud: uurimustööst selgub, et suuremad väetisnormid annavad suuremaid saake, kuid väetamisi ja taimekaitsetõid tuleb toetada optimaalselt, et vähendada kulutusi ning koormust keskkonnale. Töö koostaja arvab, et maheviljeluses on oluline kasutada õigeid maaharimistõid ning jälgida hoolikalt kas kõik tehtud kulutused on optimaalsed. Selleks, et selgitada välja milliseid kulutusi võib vähendada ning milliseid tagajärgi see tooks on vaja teha edasisi uuringuid.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Aamisepp M., Persitski H. 2014. Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatustes, Maamajanduse infokeskus, Lääne- Virumaa, Eesti
2. Aamisepp M., Persitski H. 2015. Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatustes, Maamajanduse infokeskus, Lääne- Virumaa, Eesti
3. Aamisepp M., Persitski H. 2016. Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatustes, Maamajanduse infokeskus, Lääne- Virumaa, Eesti
4. Agrios G.N. 2005. *Plant Pathology*, Elsevier Academic Press, London, UK, pp 922
5. Andersen M.K, Jensen E.S. 2001. Low soil temperature effects on shortterm gross N mineralisation - immobilisation turnover after incorporation of green manure- *Soil Biology and Biochemistry*, vol 33, pp 511-521
6. Araji A.A., Abdo Z.O., Joyce P. 2001. Efficient use of animal manure on cropland- economic analysis, *Bioresource Technology*, vol 79, pp 179-191
7. Aronsson H. 2000. Nitrogen Turnover and Leaching in Cropping Systems with Ryegrass Catch Crops- Doctoral Thesis, *Swedish University of Agricultural Sciences*, Uppsala, Sweden
8. Bakken A.K., Breland T.A., Haraldsen T.K., Aamlid T.S., Sveistrup T.E. 2006. Soil fertility in three cropping systems after conversion from conventional to organic farming- *Soil and Plant Science*, vol 56, nr 2, pp 81-90
9. Bender A. 2012. Varase punase ristiku (*Trifolium pratense* L.), hulgilehise lupiini (*Lupinus polyphyllus* Lind.) ja inkarnaatristiku (*Trifolium incarnatum* L.) väetisväärtus haljasväetiskultuurina kasvatamisel- *Agraarteadus 2012*, vol 1, pp 3-11
10. Biemond H., Vos J. 1992. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. 2. The partitioning of dry matter, nitrogen and nitrate- *Annals of Botany*, vol 70, pp 37-45
11. Birch P.R.J., Bryan G., Fenton B., Gilroy E.M., Hein I., Jones J.T, Prashar A., Taylor M.A., Torrance L., Toth I.K. 2012. Crops that feed the world 8: potato: are the trends of increased global production sustainable?- *Food Security*, vol 4, pp 477-508
12. Boydston R.A. 2010. Managing Weeds in Potato Rotations Without Herbicides- *American Journal Pootato Research* vol 87, pp 420-427
13. Bradshaw, J. E., Mackay, G. R. 1994. *Potato genetics*. CAB International, Wallingford, UK
14. Carter M.R, Noronha C., Peters R.D., Kimpinski J. 2009. Influence of conservation tillage and crop rotation on the resilience of an intensive long-term potato cropping systems: Restoration of soil biological properties after the potato phase- *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol 133, pp 32-39
15. Cociu A.I. 2012. Winter wheat yields and their stability in different crop rotation types and nitrogen fertilization regimes- *Romanian Agricultural Research*, vol 29, pp 139-148

16. Constantin J., Mary B., Laurent f., Aubrion G., Fontaine A., Kerveillant P., Beaudoin N. 2010. Effects of catch crops, no till and reduced nitrogen fertilization on nitrogen leaching and balance in three long-term experiments- *Agricultur, Ecosystems and Environment*, vol 135, pp 268-278
17. Dampney P., Johnson P., Goodlass G., Dyer C., Sinclair A., Edwards T. 2002. *Review of the Response of Potatoes to Phosphate*, Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, U.K.
18. Demenok J., 2015, Kartuli saagikus ja kasvatamise tasuvus sõltuvalt viljelusviisist. Eesti Maaülikool, Tartu, Eesti
19. Eesti Taimekasvatuse Instituut, 2015. Kartulisort 'Maret'.  
[<http://etki.ee/index.php/component/content/article/92-sortide-kirjeldused-alam/146-maret?Itemid=479>] (02.05.2015)
20. Egner H., Riehm H., Domingo W.R. 1960. Untersuchungen über die chemischebodeanalyse als grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. *Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung, Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler* 26, pp 199-215
21. Finckh M.R., Schulte-Geldermann E., Bruns C. 2006. Challenges to Organic Potato Farming: Disease and Nutrient Management- *Potato research*, vol 49, pp 27-42
22. Finck A. 1991. *Düngung*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, pp 114-117
23. Firman, D, M. Allen, E, J. 2007. Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives, pp 720–738.
24. Freeze B.S, Webber C., Lindival C.W., Dormaar J.F. 1993. Risk simulation of the economics of manure application to restore eroded wheat cropland- *Canadian Journal of Soil Science*, vol 73, pp 267-274
25. Freyer B. 2003. Fruchfolgen. Eugen Ulmer GmbH and Co, Stuttgart, pp 230
26. Gachango, E. Kirk, W. Schafer, R. Wharton, P., 2012. Evaluation and comparison of biocontrol and conventional fungicides for control. *Biological control*, 63, pp 115-120
27. Galani Yamdeu, J. H., Gupta, P. H., Patel, N. J., Shah, A. K. and Talati, J. G. 2016, Effect of Storage Temperature on Carbohydrate Metabolism and Development of Cold-Induced Sweetening in Indian Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Varieties. *Journal of Food Biochemistry*, 40, pp 71–83
28. Galvão, V.C., Fankhauser, C. 2015. Sensing the light environment in plants: photoreceptors and early signaling steps. *Current Opinion in Neurobiology*, 34, pp 46-53
29. García-Gil J.C., Plaza C., Soler-Rovira P., Polo A. 2000. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass- *Soil Biology and Biochemical*, vol 32, pp 1907-1913
30. Govindakrishnan P.M, Haverkort A.J. 2006. Ecophysiology and Agronomic Management- *Handbook of Potato Production, Improvement, and Postharvest Management*, pp 179-229
31. Grandy A.S., Porter G.A., Erich M.S. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems- *Soil Science Society American Journal* vol 66, pp 1311-1319



32. Grewal J.S., Trehan S.P. 1993. Phosphorus and potassium nutrition of potato- *Advances in Horticulture*, vol 7, pp 261-297
33. Gunsena H.P.M. 1968. Studies on the Growth of the Potato with Particular Reference to the Efficient Use of Nitrogen and Potassium, PhD Thesis, Reading University
34. Gupta V.V.S.R., Grace P.R., Roper M.M. 1994. Carbon and nitrogen mineralization as influenced by long-term soil and crop residue management systems in Australia- *Soil Science Society American Journal*, vol 35, pp 193-200
35. Hammes. P. S., De Jager J.A. 1990. Net photosynthetic rate of potato at high temperature- *Potato Research*, vol 33, pp 515-520
36. Heltoft, P. Wold, A.B. Molteberg, E.L., 2016. Effect of ventilation strategy on storage quality indicators of processing. *Postharvest biology and technology*, 117, pp 21-29
37. Hlavinka P., Trnka M., Semerádová D., Dubrovský M., Zalud Z., Mozy M. 2009. Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic - *Agriculture, Forest, Meteorology*, vol 149, pp 431-442
38. Holder C.B., Cary J.W. 1984. Soil oxygen and moisture in relation to Russet Burbank potato yield and quality- *American Potato Journal*, vol 61, pp 67-75
39. Ierna A., Parisi B. 2014. Crop growth and tuber yield of "early " potato crop under organic and conventional farming- *Scientia Horticulturae*, vol 165, pp 260-265
40. Järvan M., Edesi L. 2009. The effect of cultivation methods on the yield and biological quality of potato- *Agronomy research*, vol 7, pp 289-299
41. Karlen D.L., Wollenhaupt N.C., Erbach D.C., Berry E.C., Swan J.B., Eash N.S., Jordahl J.L. 1994. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn- *Soil Tillage Research*, vol 31, pp 149-167
42. Karp K., Pöldma P. 2006. Fosfik- uut elujõudu taimedele- *Maamajandus*, aprill, pp 36-38
43. Katerji N., Mastrorilli M., Rana G. 2008. Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: review and analysis- *European Journal of Agronomy*, vol 28, pp 493-507
44. Katundu M., Hendriks S., Bower J., Siwela M. 2010. Can sequential harvesting help small holder organic farmers meet consumer expectations for organic potatoes?- *Food Quality and Preference*, vol 21, pp 379-384
45. Kessen R. 2003. Öko-Lebensmittel nicht generell gesunder- *Gemüse*, vol 8, pp 40-41
46. Kirchmann H., Bergstrom L. 200. Do organic farming practices reduce nitrate leaching?- *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol 32, pp 997-1028
47. Kirk W., Wharton P., Hammerschmidt R., Abu-el Samen F., Douches D. 2013. Late Blight- *Michigan State University Extension Bulletin*
48. Klemke T., Moll A. 1990. Model for simulation of potato growth from planting to emergence- *Agricultural Systems*, vol 32, pp 295-304
49. Kuill T., Lauringson E. 2000. Effect of preceding crops on potatoes yield and yield structure- *Transactions of the Estonian Agricultural Universities of the Estonian Agricultural University*, vol 208, pp 83-89

50. Kumar K., Goh K.M. 2000. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery- *Advances in Agronomy*, vol 68, pp 197-319
51. Känkänen H., Eriksson C., Räkköläinen M., Vuorinen M. 2003. Soil nitrate N as influenced by annually undersown cover crops in spring cereals- *Agric. Food Sci. Finland*, vol 12, pp 165-176
52. Larkin R.P., Griffin T.S. 2007. Control of soil-borne diseases using *Brassica* green manures- *Crop Protect*, vol 26, pp 1067-1077
53. Lauringson E., Talgre L., Roostalu H., Makke A. 2011. Mulla huumusseisundi ja toitainete bilansi reguleerimise võimaluste ning haljasväetiskultuuride fütoproduktiivsuse selgitamine tava- ja maheviljeluse tingimustes, Tartu, pp 36-37
54. Leinonen P. 2000. Lannoitus luomuviljan viljelyksessä. Luomuviljan tuotanto- *Tieto tuottamaan*, vol 86, pp 40-50
55. Maggio, A., Carillo, P., Bulmetti, G.S., Fuggi, A., Barbieri, G., De Pascale, S. 2008. Potato yield and metabolic profiling under conventional and organic farming. *European journal of agronomy*, 28, pp 343-350
56. Makani, M.N. Sargent, S.A. Zotarelli, L. Huber, D.J. Sims, C.A., 2015. Irrigation method and harvest time affect storage quality of two early-season, tablestock potato (*Solanum tuberosum*) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 197, pp 428-433
57. Malekmohammadi, M., 2014. Resistance of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) to commonly used insecticides in Iran. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17, pp 213-220
58. Martin A.D., Gary A.S., Neil C.G., Arthur H.L., Duane P. 1994. Leaf Blight Diseases of Potato- *North Dakota State University Agriculture and University Extension*, North Dakota, USA
59. Mazurczyk W., Lutomirska B., Wierzbicka A. 2003. Relation between air temperature and length of vegetation period of potato crops- *Agricultural and Forest Meteorology*, vol 118, pp 169-172
60. Matthiesen J.N., Kirkegaard J.A. 2006. Biofumigation and Biodegradation: Opportunity and Challenge in Soil-borne Pest and Disease Management- *Critical Reviews in Plant Sciences*, vol 25, pp 235-265
61. McGuire A.M., Bryant D.C., Denison R.F. 1998. Wheat yields, nitrogen uptake, and soil moisture following winter legume cover crop vs. fallow- *Agronomy Journal*, vol 90, pp 404-410
62. Mikk M. 2011. Mahetootmisele ülemineku ja mahetoetuse mõju põllumajandusettevõtete tootmis- ja majandusnäitajatele, Ökoloogiliste Tehnoloogiate Keskus, Tartu, Eesti
63. Millburn P., Richards J.E., Gartley C., Pollock T., O'Neill H., Bailey H. 1990. Nitrate leaching from systematically tiled potato fields in New Brunswick, Canada- *Journal of Environmental Quality*, vol 19, pp 448-454.
64. Mohr R. M., Volkmar K., Derksen D.A., Irvine R.B., Khakbazan M., McLaren D.L., Monreal M.A., Moulin A.P., Tomasiewicz D.J. 2011. Effect of Rotation on Crop Yield and Quality in an Irrigated Potato System- *American Journal of Potato Research*, vol 88, pp 346-359

65. Munoz F., Mylavarapu R.S., Hutchinson C.M. 2005. Environmentally responsible potato production systems: a review- *Journal of Plant Nutrition*, vol 28, pp 1287–1309.
66. Möller K., Reents H-J. 2007. Impact of Agronomic Strategies (Seed Tuber Pre-sprouting, Cultivar Choice) to Control Late Blight (*Phytophthora infestans*) on Tuber Growth and Yield in Organic Potato (*Solanum tuberosum*) Crops- *Potato research*, vol 50, pp 15-29
67. Nielsen A., Kristensen I. 2005. Nitrogen and phosphorus surpluses on Danish dairy and pig farms in relation to farm characteristics- *Livestock Production Science*, vol 96, pp 97–107
68. Olt, J. 2015. Põllumajandustehnika I Põllundusmasinad. Eesti Maaülikool.
69. Onder S., Caliskan M.E., Onder D., Caliskan S. 2005. Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components- *Agricultural Water Management*, vol 73, pp. 73–86
70. Palta, J.P. 2010. Improving Potato Tuber Quality and Production by Targeted Calcium Nutrition: the Discovery of Tuber Roots Leading to a New Concept in Potato Nutrition. *Potato Research*, 53, pp 267-275
71. Pang X.P., Letey J. 2000. Organic farming: Challenge of timing nitrogen availability to crop nitrogen requirements- *Soil Science Society of America Journal*, vol 64, pp 247–253
72. Pereira, A.B. Shock, C.C., 2006. Development of irrigation best management practices for potato from a research perspective in the United States. Sakia.org e-publish, 1, pp 1-20
73. Perumal N.K., Sahota T.S. 1986. Investigations on growth and tuberization of potato at different planting dates and nitrogen levels- *International Journal of Tropical Agriculture*, vol 4, pp 63-72
74. Piho A. 1973. Väetiste kasutamise mullastikulisest tingimusest, efektiivsusest põllukultuuride väetamisel ning mineraalväetiste jaotamine külvikorras Eesti NSV-s- *Dissertatsioon*, pp 399
75. Porter G.A., Opena G.B., Bradbury W.B, McBurnie J.C., Sisson J.A. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: I. Soil properties, tuber yield, and quality- *Agronomy Journal*, vol 91, pp 416–425
76. Pratt, P.F. 1982. Fertilizer value of manure. Paper presented at the Agricultural Waste Conference. March 1982, Mexico City, Mexico
77. Raudväli E. 1996. Sõnnikus sisalduvate taimetoitainete omastatavus ja sõnnikuga antavate taimetoiteelementide arvestuslikud kogused- *Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat*
78. Reddy L.V., Arora P.N., Sharma R.P. 1986. Effect of different doses of phosphorus and potassium on the growth and tuber yield of potato varieties- *Indian Journal of Agricultural Science*
79. Saha S., Mina B.L., Gopinath K.A., Kundu S., Gupta H.S. 2008. Organic amendments affect biochemical properties of a subtemperate soil of the Indian Himalayas- *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol 80, pp 233-242

80. Santeliz G., Ewing E.E. 1981. Effects of nitrogen fertilization on growth and development of potatoes- *American Potato Journal*, vol 58, pp 517-518
81. Sapkota T.B., Mazzoncini M., Barberi P., Antichi D., Silvestri N. 2012. Fifteen years of no till increase soil organic matter, microbial biomass and arthropod diversity in cover crop-based arable cropping systems- *Agronomy for Sustainable Development* vol 32, pp 853-863
82. Saue T., Kadaja J. 2014. Water limitations on potato yield in Estonia assessed by crop modelling- *Agricultural and Forest Meteorology*, vol 194, pp. 20-28
83. Schipanski M.E., Drinkwater L.E. 2010. Nitrogen fixation of red clover interseeded with winter cereals across a management-induced fertility gradient- *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol 90, pp 105-119
84. Schönherr J. 2004. Foliar Penetration of inorganic Nutrients- *New Ag International*, June, pp 68-69
85. Sharifi M., Zebarth B.J., Burton D.L., Grant C.A., Porter G.A. 2008. Organic amendment history and crop rotation effects on nitrogen mineralization potential in a potato cropping system- *Agronomy Journal*, vol 100, pp 1562–1572
86. Sincik M., Turan Z.M., Göksoy A.T. 2008. Responses of Potato (*Solanum tuberosum* L.) to Green Manure Cover Crops and Nitrogen Fertilization Rates- *Am. J. Pot. Res.* vol 85, pp 150-158
87. Soil Survey Laboratory Staff. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. *Soil Survey Investigations Report No. 42. Version 3.0*. National Survey Center, Lincoln, Nevada, USA
88. Stark J.C., Porter G.A. 2005. Potato Nutrient Management in Sustainable Cropping Systems- *American Journal of Potato Research*, vol 82, pp 329-338
89. Stockdale E.A., Shepherd M.A., Fortune S., Cuttle S.P. 2002. Soil fertility in organic farming systems-fundamentally different?- *Soil Use and Management*, vol 18, pp 301-308
90. Stute J.K., Posner J.L. 1995. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest- *Agronomy Journal* , vol 87, pp 1063–1069
91. Särekanno M., Kotkas K., Rosenberg V., Ojarand A., Vasar V., Kiudsoo E. 2008. Influence of leaf fertilisers on potato productivity- *Agronomy 2008*, pp 72-75
92. Zotarelli L., Zatorre N.P., Boddey R.M., Urquiaga S., Jantalia C., Franchini J.C., Alves B.J.R. 2012. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks- *Field Crops Research*, vol 132, pp 185–195
93. Talgre L., Lauringson E., Kuht J., Makke A. 2009. Effect of green manure legume crops on soil bulk density and earthworm quantity- *Agronomy 2009*, pp 48-53
94. Talgre L., Lauringson E., Makke A., Lükko M., Nurm L. 2011. Vahekultuuride biomassi moodustumise ja toitainete sidumise võime- *Agronomia 2010/2011*, pp 53-58
95. Tartlan L. 1996. Tarbija nõuab kvaliteetset kartulit- *Põllumajandus*, vol 4, pp 12
96. Tartlan L. 2000. Varajast kartulit tasub kasvatada, Eesti Maaviljeluse Instituut, Saku, Eesti, pp 34
97. Tartlan L., Nugis E. 2009. Eelviljade mõjust kartuli kasvutingimustele- *Agronomia 2009*, pp 62-67

98. Tein B., Ereemeev V. 2011. Eri viljelusviiside mõju kartuli saagistruktuuri elementide kujunemisele- *Agraateadus*, pp 40-44
99. Tester C.F. 1990. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil- *Soil Science Society of America Journal*, vol 54, pp 827-83
100. Thomas R.J., Asakawa N.M. 1993. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes- *Soil Biology and Biochemistry*, vol 25, pp 1351-1361
101. Tirol-Padre A., Ladha J.K., Regmi AP, Bhandari A.L., Inubushi K. 2007. Organic Amendment Affect Soil Parameters in Two Long-Term Rice-Wheat Experiments- *Soil Science Society of America Journal*, vol 71, pp 442-452
102. Tonitto C., David M.B., Drinkwater L.E. 2006. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer- intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and N-dynamics- *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol 112, pp 58-72
103. Tsedaley B. 2014. Late Blight of Potato (*Phytophthora infestans*) Biology, Economic Importance and its Management Approaches- *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, vol 4, nr 25, pp 215-225
104. Tuulos A., Yli-Halla M., Stoddard F., Mäkelä P. 2014. Winter turnip rape as a soil N scavenging catch crop in a cool humid climate- *Agronomy for Sustainable Development*, vol 35, pp 359-366
105. van Bruggen A.H.C., Semenov A.M. 2000. In search of biological indicators of soil health and disease suppression- *Applied Soil Ecology* vol 15, pp 13-24
106. van Delden A. 2001. Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management- *Agronomy Journal*, vol 91, pp 616-621
107. van Reeuwijk L.P. 1995. Procedures for soil analysis., fifth ed. ISRIC Technical Paper 9
108. Varis E., Pietilä L., Koikkalainen K. 1996. Comparison of Conventional, Integrated and Organic Potato Production in Field Experiments in Finland- *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, vol 46, pp 41-48
109. Viil P., Võsa T. 2008. Veisesõnniku efektiivsuse sõltuvus muldaviimise sügavusest- *Agronomia* 2008, pp 25-28
110. Vipper H. 1999. Külvikorrad ja teraviljade koht nendes- *Teraviljakasvatuse käsiraamat*, pp 50-75
111. Waddell J.T., Gupta S.C., Moncrief J.F., Rosen C.J., Steele D.D. 2000. Irrigation – and nitrogen – management impacts on nitrate leaching under potato- *Journal of Environmental Quality*., vol 29, pp 251-261
112. Warman P.R., Havard K.A. 1998. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn- *Agriculture, Ecosystems and Environment* vol 68, pp 207-216
113. White P.J., Wheatley R.E., Hammond J.P., Zhang K. 2007. Minerals, Soils and Roots- *Potato Biology and Biotechnology Advances and Perspectives*, pp 739-752
114. Wright J.L., Stark J.C. 1990. Potato, In: Irrigation of Agricultural Crops, *Agronomy Monograph*, vol 30, pp. 859-888

# POTATO GROWING PROFITABILITY DEPENDING ON CULTIVATION PRACTICES

## Summary

The aim of this Master's thesis was to study potato yields in organic and conventional farming systems and find out which is most profitable. Another aim of this work is to find out how competitive is organic farming compared to conventional farming. The potato variety used in this thesis is 'Maret'.

The study was held in 2014-2016 on the experimental field of the Institute of Agricultural and Environmental Sciences of the Estonian University of Life Sciences to find out how crop rotation affects different crops. The research revealed that the biggest commercial yield in the average of 2014-2016 was in conventional farming system N150 43,5 t/ha and also it had the biggest percentage of commercial yields from total yield 94,6%. In the analysis of the results it was discovered that there were no significant differences in the yields between N50 and N100 systems. It means that in the N100 system using of mineral fertilizers did not give any significant difference to yield. In all study years the 2016 was with the biggest yields in almost all systems except N0. In organic farming the biggest commercial yield in the average of 2014-2016 were in Mahe VK+S 21,1 t/ha. Only in one year of studies 2014 Mahe VK showed bigger commercial yield than Mahe VK+S and it might be because of cooler temperatures in that year, because of what manure did not have time to mineralize. The results show that growing catch crops isn't enough to provide essential amounts of nutrients for potato growing, using mineral fertilizers increases potato yields considerably.

N150 was discovered to be the most profitable system used in the conventional farming in the average of 201-2016. It had the biggest profit of 6783 €/ha, including subsidies. Mahe VK was the most profitable system in the organic farming, where 3224 €/ha with subsidies was obtained in the average of 2014-2016. The biggest amount was spent in the N150 system – 4354 €/ha in the average of 2014-2016. The reason for that was the fact that the largest amounts of nitrogen fertilizers were used compared to other systems. In organic farming the biggest spendings costs were discovered in Mahe VK+S systems: 4229 €/ha, due to the use of manure. The research results demonstrated that in organic farming it is

very important to spend money wisely, because profits are smaller due to smaller yields if we compare to conventional farming.

The research results demonstrated that the biggest yields were achieved in the systems, where fertilizers and pesticides were used. The most profitable was conventional farming system N150, where the biggest profit was achieved. The research results show that in organic farming it is also possible to manage profitably but their competitiveness compared to conventional farming is lower because of smaller yields.

## LISAD

**Lisa 1.** Kulud hektarile 2014. aastal

Tavaviljeluses	Ühiku hind	N0	N50	N100	N150
<b>Muutuvkulud</b>					
<b>Seeme</b>					
Maret	450 €/t	3,000	3,000	3,000	3,000
Eelidandamine	333,3 €/t	3,000	3,000	3,000	3,000
<b>Väetised</b>					
Yaramila 3-11-24	1012,8 €/t	0,000	0,500	0,500	0,500
AN 34,4	345,6 €/t	0,000	0,102	0,248	0,393
<b>Pestitsiidid</b>					
<b>Herbitsiidid</b>					
Titus 25 DF g/ha	1236,00 €/kg	0,050	0,050	0,050	0,050
Roundup Flex l/ha	9,12 €/l	3,000	3,000	3,000	3,000
<b>Fungitsiidid</b>					
Ridomil Gold MZ 68 WG kg/ha	21,00 €/kg	10,000	10,000	10,000	10,000
<b>Insektitsiidid</b>					
Decis Mega 50 EW l/ha	28,20 €/l	0,150	0,150	0,150	0,150
Fastac 50 l/ha	13,43 €/l	0,300	0,300	0,300	0,300
<b>Muutuvkulud kokku</b>		<b>2657,32</b>	<b>3198,97</b>	<b>3249,43</b>	<b>3299,54</b>
<b>Püsikulud</b>	€/ha				
Libistamine	7,10	1	1	1	1
Äestamine	15,08	1	1	1	1
Muldamine	69,08	2	2	2	2
Pritsimine	35,60	5	5	5	5
Pealsete niitmine	43,40	1	1	1	1
Kartuli koristus	630,60	1	1	1	1
Künd	62,80	1	1	1	1
Mineraalväetise külvamine	13,98	0	2	3	3
Kultiveerimine	17,80	2	2	2	2
Kartuli mahapanek	122,99	1	1	1	1
<b>Püsikulud kokku</b>		<b>1118,38</b>	<b>1146,34</b>	<b>1160,32</b>	<b>1160,32</b>
<b>Kulud kokku €/ha</b>		<b>3775,70</b>	<b>4345,31</b>	<b>4409,75</b>	<b>4459,86</b>



<b>Maheviljeluses</b>	<b>Ühiku hind</b>	<b>Mahe 0</b>	<b>Mahe VK</b>	<b>Mahe VK+S</b>
<b>Muutuvkulud</b>				
<b>Seeme</b>				
Maret	450 €/t	3	3	3
Taliraps Banjo	9,42 €/kg	0	7	7
Eelidandamine	333,3 €/t	3	3	3
Sõnnik	24 €/t	0	0	20
<b>Insektitsiid</b>				
NeemAzaal T/S l/ha	66 €/l	1,5	1,5	1,5
<b>Muutuvkulud kokku</b>		<b>2448,9</b>	<b>2503,85</b>	<b>2983,85</b>
<b>Püsikulud</b>	€/ha			
Äestamine	15,08	1	1	1
Muldamine	69,08	2	2	2
Pritsimine	12,53	1	1	1
Kartuli koristus	630,60	1	1	1
Künd	62,80	1	1	1
Rapsikülv	26,40	0	1	1
Kultiveerimine	17,80	1	1	1
Kartuli mahapanek	122,99	1	1	1
Sõnniku laotamine	11,3 €/t	0	0	20
<b>Püsikulud kokku</b>		<b>999,96</b>	<b>1026,36</b>	<b>1252,36</b>
<b>Kulud kokku €/ha</b>		<b>3448,86</b>	<b>3530,21</b>	<b>4236,21</b>

**Lisa 2.** Kulud hektarile 2015. aastal

<b>Tavaviljeluses</b>	<b>Ühiku hind</b>	<b>N0</b>	<b>N50</b>	<b>N100</b>	<b>N150</b>
<b>Muutuvkulud</b>					
<b>Seeme</b>					
Maret	450 €/t	3,000	3,000	3,000	3,000
Eelidandamine	333,3 €/t	3,000	3,000	3,000	3,000
<b>Väetised</b>					
Yaramila 3-11-24	1012,8 €/t	0,000	0,500	0,500	0,500
AN 34,4	345,6 €/t	0,000	0,102	0,248	0,393
<b>Pestitsiidid</b>					
<b>Herbitsiidid</b>					
Roundup Flex l/ha	9,12 €/l	3,000	3,000	3,000	3,000
<b>Fungitsiidid</b>					
Ridomil Gold MZ 68 WG kg/ha	21,00 €/kg	7,500	7,500	7,500	7,500
<b>Insektitsiidid</b>					
Proteus 110 OD	27 €/l	1,200	1,200	1,200	1,200
<b>Muutuvkulud kokku</b>		<b>2567,16</b>	<b>3108,81</b>	<b>3159,27</b>	<b>3209,38</b>
<b>Püsikulud</b>	€/ha				
Libistamine	6,60	1	1	1	1
Äestamine	15,08	2	2	2	2
Muldamine	45,70	3	3	3	3
Pritsimine	10,50	5	5	5	5
Pealsete niitmine	37,55	1	1	1	1
Kartuli koristus	630,60	1	1	1	1
Künd	53,90	1	1	1	1
Mineraalväetise külvamine	12,21	0	2	3	3
Kultiveerimine	17,80	2	2	2	2
Kartuli mahapanek	116,90	1	1	1	1
<b>Püsikulud kokku</b>		<b>1100,91</b>	<b>1125,33</b>	<b>1137,54</b>	<b>1137,54</b>
<b>Kulud kokku €/ha</b>		<b>3668,07</b>	<b>4234,14</b>	<b>4296,81</b>	<b>4346,92</b>

<b>Maheviljeluses</b>	<b>Ühiku hind</b>	<b>Mahe 0</b>	<b>Mahe VK</b>	<b>Mahe VK+S</b>
<b>Muutuvkulud</b>				
<b>Seeme</b>				
Maret	450 €/t	3	3	3
Taliraps Banjo	9,42 €/kg	0	7	7
Eelidandamine	333,3 €/t	3	3	3
Sõnnik	24 €/t	0	0	20
<b>Insektitsiid</b>				
NeemAزال T/S l/ha	66 €/l	3	3	3
<b>Muutuvkulud kokku</b>		<b>2448,9</b>	<b>2503,85</b>	<b>2983,85</b>
<b>Püsilulud</b>	€/ha			
Äestamine	15,08	2	2	2
Muldamine	69,08	3	3	3
Pritsimine	10,50	1	1	1
Kartuli koristus	630,60	1	1	1
Künd	53,90	1	1	1
Rapsikylv	26,40	0	1	1
Kultiveerimine	17,80	1	1	1
Kartuli mahapanek	116,90	1	1	1
Sõnniku laotamine	11,3 €/t	0	0	20
<b>Püsilulud kokku</b>		<b>1052,02</b>	<b>1078,42</b>	<b>1304,42</b>
<b>Kulud kokku €/ha</b>		<b>3500,92</b>	<b>3582,27</b>	<b>4288,27</b>

**Lisa 3.** Kulud hektarile 2016. aastal

Tavaviljeluses	Ühiku hind	N0	N50	N100	N150
<b>Muutuvkulud</b>					
<b>Seeme</b>					
Maret	450 €/t	3,00	3,00	3,00	3,00
Eelidandamine	333,3 €/t	3,00	3,00	3,00	3,00
<b>Väetised</b>					
Yaramila 3-11-24	1012,8 €/t	0,00	0,50	0,50	0,50
AN 34,4	345,6 €/t	0,00	0,10	0,25	0,39
<b>Pestitsiidid</b>					
<b>Herbitsiidid</b>					
Roundup Flex l/ha	9,12 €/l	3,00	3,00	3,00	3,00
<b>Fungitsiidid</b>					
Ridomil Gold MZ 68 WG kg/ha	21,00 €/kg	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>Insektitsiidid</b>					
Proteus 110 OD	27 €/l	1,20	1,20	1,20	1,20
<b>Muutuvkulud kokku</b>		<b>2515</b>	<b>3056</b>	<b>3169</b>	<b>3219</b>
<b>Püsikulud</b>	€/ha				
Libistamine	6,60	1	1	1	1
Äestamine	15,08	1	1	1	1
Muldamine	45,70	2	2	2	2
Pritsimine	11,20	3	3	3	3
Pealsete niitmine	37,55	1	1	1	1
Kartuli koristus	608,92	1	1	1	1
Künd	53,90	1	1	1	1
Mineraalväetise külvamine	12,21	0	2	3	3
Kultiveerimine	17,80	2	2	2	2
Kartuli mahapanek	116,90	1	1	1	1
<b>Püsikulud kokku</b>		<b>1000</b>	<b>1024</b>	<b>1037</b>	<b>1037</b>
<b>Kulud kokku €/ha</b>		<b>3515</b>	<b>4081</b>	<b>4205</b>	<b>4255</b>

Maheviljeluses	Ühiku hind	Mahe 0	Mahe VK	Mahe VK+S
<b>Muutuvkulud</b>				
<b>Seeme</b>				
Maret	450 €/t	3	3	3
Taliraps Banjo	9,42 €/kg	0	7	7
Eelidandamine	333,3 €/t	3	3	3
Sõnnik	24 €/t	0	0	20
<b>Insektitsiid</b>				
NeemAzal T/S l/ha	66 €/l	4	4	4
<b>Muutuvkulud kokku</b>		<b>2449</b>	<b>2504</b>	<b>2984</b>
<b>Püsilulud</b>	€/ha			
Äestamine	15,08	1	1	1
Muldamine	45,70	2	2	2
Pritsimine	11,20	2	2	2
Kartuli koristus	608,92	1	1	1
Künd	53,90	1	1	1
Rapsikülv	26,40	0	1	1
Kultiveerimine	17,80	1	1	1
Kartuli mahapanek	116,90	1	1	1
Sõnniku laotamine	11,3 €/t	0	0	20
<b>Püsilulud kokku</b>		<b>926</b>	<b>953</b>	<b>1179</b>
<b>Kulud kokku €/ha</b>		<b>3375</b>	<b>3457</b>	<b>4163</b>

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Jüri Demenok,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö  
Kartuli kasvatamise tasuvus sõltuvalt viljelusviisist,  
mille juhendaja on Vyacheslav Eremeev,
  - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
  - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
  - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, 22.05.2017

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)